

复杂环境下自动导引车路径识别算法*

蔡晋辉^{1,2} 才 辉^{2,3} 张光新² 周泽魁²

(1. 中国计量学院计量测试工程学院, 杭州 310018; 2. 浙江大学控制科学与工程学系, 杭州 310027;
3. 福建省中心检验所国家电子信息产品质量监督检验中心, 福州 350002)

【摘要】 为了快速准确提取复杂环境下的自动导引车(AGV)引导路标参数,提出一种基于先验知识的直线识别算法。根据视野和引导线结构特征将全图划分为若干子区域,确定子区域自适应阈值,利用前帧图像中的直线参数信息选择行列扫描方式,剔除干扰点并获得中线点集,然后采用带搜索角度限制和分区域非均匀采样的改进 Hough 变换得到直线参数,最后用交比定理对参数加以校正。试验表明本算法能在不同光照、反光、阴影下对路径进行有效识别,具有较好鲁棒性,处理分辨率为 576×768 的图像,每帧平均用时不超过 90 ms,满足运行需要。

关键词: 自动导引车 路径识别 Hough 变换 图像处理

中图分类号: TP391.41; TP2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)10-0020-05

Guidance Line Identification Algorithm for AGV in Complex Environment

Cai Jinhui^{1,2} Cai Hui^{2,3} Zhang Guangxin² Zhou Zekui²

(1. College of Metrology and Measurement Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China
2. Department of Control Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China
3. National Electronic Information Products Quality Supervision and Inspection Center, Fujian Provincial Central Inspection Institute, Fuzhou 350002, China)

Abstract

In order to quickly and accurately identify the guidance line in complex environment, a line recognition algorithm based on prior knowledge was proposed. Images were divided into several regions by field range and line characteristic. Both means of full image and region were used to make adaptive threshold of each region. Scanning mode was decided by information of previous image, then noises were filtered and intermediate points were acquired. An improved Hough transformation with search angle limitation and nonuniform sampling was applied to localize guidance line. Finally cross ratio theorem was used to calibrate the parameters. The experimental result showed the method was characterized by robustness and real-time, the average computing time was about 90 ms for each image.

Key words Automated guided vehicle, Road recognition, Hough transformation, Image processing

引言

相比自动导引车(AGV)的其他导引方式,视觉导引具有信息量大、柔性好等优点,而作为视觉导引车正常工作基础的引导线识别,易受环境等因素影响。有文献利用全局阈值提取引导线参数,如:最优阈值^[1~2]、分水岭^[3]、熵最大化^[4]、颜色阈值融合^[5]等,这些方法实时性好,适用于前背景稳定情况。而

在天气明暗多变、有遮挡等复杂场合,对识别可靠性、适应性和实时性有更高要求,Kuang P 等^[6]基于模糊判据的 Hough 变换,较好地提取室外非连续导线;凌波等^[7]利用两次最大熵分类解决弱光、阴影对路面的影响;Jung C R^[8]和郭磊等^[9]采用边缘分布函数,分别在无曲率线、线性噪声有限和近场标识线信息较多的场合取得了较好的识别效果,闫旭琴等^[10]进一步改进以提高鲁棒性;丁幼春等^[11]提高

收稿日期: 2010-12-16 修回日期: 2011-05-16

* 国家自然科学基金资助项目(50505045)、浙江省科技攻关重点项目(2006C21037)和浙江省自然科学基金资助项目(Y1110171)

作者简介: 蔡晋辉,副研究员,浙江大学博士后,主要从事图像处理及数学形态学研究,E-mail: caijinhui@cjl. edu. cn

了旋转投影算法识别标识线的实时性和适应性;赵颖等^[12]基于扫描线上像素分布特征提取室外非结构路径的候选点;Hyun-Chul Choi 等^[13]提出在照度变化环境下,能克服亮度变化、遮挡影响的导引线识别算法;Gong J W 等^[14]通过动态窗口和 Hough 变换,实现自然环境下导引线的快速识别;Zheng Tian 等^[15]利用非参数模型提取非结构路径,克服了环境光源变化和遮挡的干扰。多数文献针对的是自然环境变化的场合,而对导引线破损残缺、地板反光等情况研究较少,本文利用先验知识,提出一种鲁棒性强、计算快捷的算法,以满足 AGV 运行的需要。

1 基本原理

1.1 引导线模型

设计的 AGV 运行于水磨石、沥青或蓝色地漆等地面;白色导线或黑边白线,推荐宽 1 ~ 3 cm;设计车速 3.6 km/h;最小转弯半径 1.5 m;视觉系统选用 AT-V10 彩色图像采集卡和 SSV5533 镜头,图像分辨率为 576 × 768 像素。为了提高车辆运行速度和智能性,摄像头前倾安装,如图 1,视野为车体前部梯形区域。摄像头有关安装参数如下:倾斜角 $\omega = 38^\circ$,安装高度 $H = 460$ mm,视野下界 $L_1 = 260$ mm,视野高度 $L_2 = 920$ mm。处于弯道时,由于视野范围相对转弯半径有限,识别过程统一按照直线处理。

1.2 干扰分析

除亮度很低场合,摄像头基本依靠自然采光,图像易受光源变化、遮挡等影响,存在光照不均、地面反射、物体遮挡、导引线残缺等干扰。图 2a 是所采集的图像,存在大面积反光,全图平均灰度 150.6,图 2b ~ 2d 是当全局阈值分别取 130、180、200 时的分割效果,图 2e ~ 2f 是区域生长分割算法、最优迭

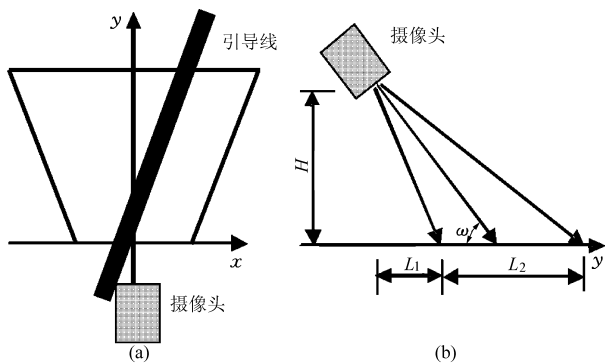


图 1 AGV 摄像头视野示意图

Fig. 1 Field range of AGV

(a) 梯形视野范围 (b) 前倾安装方式

代法得到的结果。可见全局性阈值效果不理想:阈值过小背景被错误归入前景区域,而阈值过大导致导引线严重残缺。

2 引导线识别算法

本文应用分区自适应阈值、带限制 Hough 变换等算法,并基于视野范围、引导线宽度、前帧信息等知识对运算参数进行在线调整,实现步骤见图 3。

2.1 分区自适应阈值分割

(1)将灰度图 $f(x, y)$ 均分为若干子区域。子区域长宽应大于导引线成像宽度,但子区域过大会导致背景灰度范围广,影响效果,建议取导引线成像宽度的 2 ~ 3 倍。本文根据视野范围、引导线宽度等信息,将图像划分为 16 个子区域,见图 4a。

(2)计算全局灰度均值 M 。

(3)依据 M 和各子区域 $Z[m]$ 的平均灰度 $\text{MeanIn}[m]$,确定各子区域的分割阈值

$$\text{BinVal}[m] = \text{MeanIn}[m] + Mt \quad (1)$$

式中 t ——全局亮度调整因子

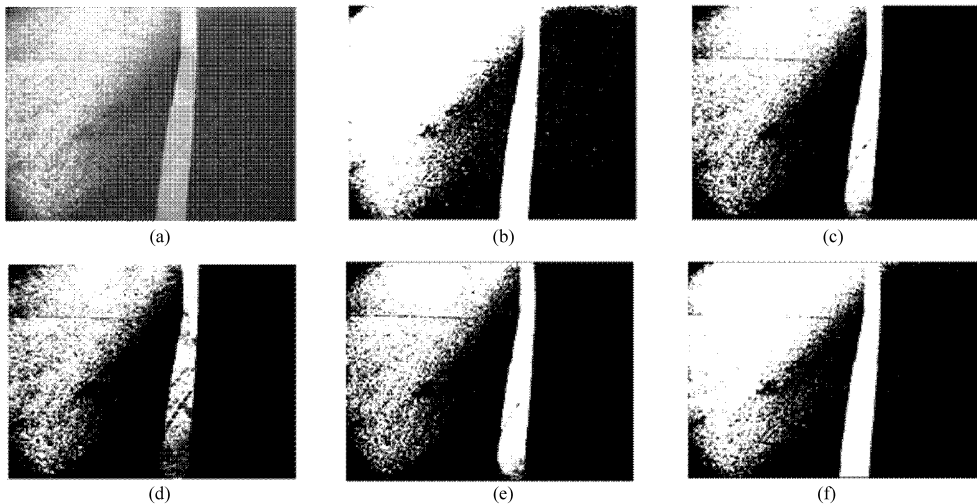


图 2 分割效果

Fig. 2 Segmentation results

(a) 原图 (b) 阈值 130 (c) 阈值 180 (d) 阈值 200 (e) 区域生长分割算法 (f) 最优迭代法

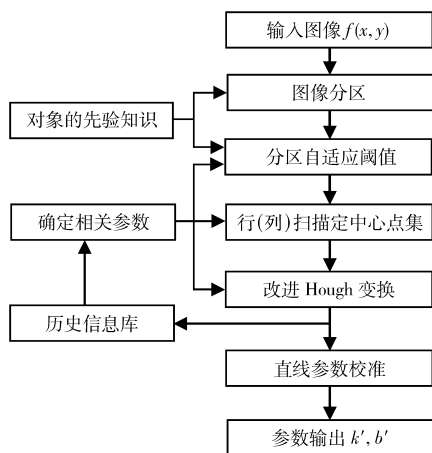


图3 识别算法框图

Fig.3 Line recognition algorithm

t 体现整体亮度对阈值的影响:暗淡环境下图像总体灰度低,前背景灰度差异小,而图像较亮时前背景灰度差异也会大;对于不存在引导线的子区域,通过叠加全局均值信息可以避免错误划分。初始值经试验确定 $t = 0.3$,运行中根据前帧 Hough 变换中对直线参数起作用的像素点数 p 对 t 加以调整,即

$$t = 0.3 + 0.01(p - 180) \quad (2)$$

(4) 各子区域 $Z[m]$ 分别二值化,得图像

$$G(x, y) = \begin{cases} 0 & (f(x, y) < \text{BinVal}[m], (x, y) \in Z[m]) \\ 1 & (f(x, y) \geq \text{BinVal}[m], (x, y) \in Z[m]) \end{cases}$$

2.2 行(列)扫描剔除噪声点

(1) 确定扫描方式和有效线宽范围

依据前帧图所得的直线斜率 LastK 确定当前帧的行(列)扫描方式:如果 LastK 大于等于 1,那么实施从左到右的行扫描,反之进行从上到下的列扫描。如果程序刚启动或前帧中 Hough 变换失败,则同时进行行、列扫描。下文只对行扫描情况加以描述。

通过分析可知,引导线的成像宽度与线宽、线斜率以及与摄像头的距离等有关,而斜率大于 1 时会在 (35, 65) 像素之间,因此各行上引导线最大成像宽度计算式为

$$\text{Max_Line_Width}[y] = 65 - 35y/576 + 30 \quad (3)$$

式中 y ——某行的纵坐标

式中,另加 30 像素是为了防止导线宽度波动。引导线的最小成像宽度 Min_Line_Width 统一取 15 个像素点。

(2) 逐行(列)扫描确定中心点

对二值图 $G(x, y)$ 逐行从左向右扫描,确定引导线候选起始点和候选结束点,利用有效宽度信息剔除噪声,并根据连通长度对结束点进行有效性检测,避免异常间断点的干扰:①如当前点值为 1,前点值

为 0,且候选起始点 Line_S(y, n) 为空,则将该点赋值给 Line_S(y, n)。②如某点值为 0,前点值为 1,且候选起始点 Line_S(y, n) 已赋值,将该点视为可疑结束点,如果此后连续若干点(如 5 点)值都为 0,则将该点升格为候选结束点 Line_E(y, n)。③定义搜索长度 $W = \text{Line_E}(y, n) - \text{Line_S}(y, n)$,如果满足 $W \in [\text{Min_Line_Width}[y], \text{Max_Line_Width}[y]]$,则将 $\text{Middle}[y] = (\text{Line_E}(y, n) + \text{Line_S}(y, n))/2$ 加入中心点集,取 $n = n + 1$;否则清除 Line_S(y, n) 和 Line_E(y, n) 数值。④继续行扫描,确定下一对符合条件的点。⑤如行扫描中起始点的值为 1,则立即选用该点作为候选起始点 Line_S($y, 0$)。⑥如已有候选起始点 Line_S(y, n),但扫描到行末也没有值为 0 的点,则将行末点作为可疑结束点。

2.3 改进 Hough 变换

传统 Hough 变换在抗干扰方面具有优势,但实时性较差^[16],本文提出基于搜索角度限制、分区域不均匀采样的 Hough 变换,以提高实时性。

由于速度所限,相邻帧中的引导线倾斜角会比较接近,可根据前帧中引导线的倾斜角度 α ,确定当前帧中引导线倾斜角的可能范围 $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$ 为

$$\begin{cases} \alpha_{\min} = \begin{cases} 0 & (\alpha < 30^\circ) \\ \alpha - 30 & (\text{其他}) \end{cases} \\ \alpha_{\max} = \begin{cases} 180 & (\alpha > 150^\circ) \\ \alpha + 30 & (\text{其他}) \end{cases} \end{cases} \quad (4)$$

Hough 变换时只对 $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$ 间的角度范围加以搜索。

AGV 正常运行时,引导线基本位于图像的中心区域,此时按区域进行非均匀采样可减少 Hough 变换的运算量:①将子区域 $Z[6]$ 、 $Z[7]$ 、 $Z[11]$ 、 $Z[12]$ 、 $Z[15]$ 、 $Z[16]$ 划分为一类区域,其他子区域划分为二类区域。②如前帧图像中 $\text{abs}(\text{LastK}) > 2$,且引导线在 $Z[15]$ 、 $Z[16]$ 区域内有存在,则认为该引导线垂直度高、中心偏差小,实行分区域采样策略:一类区域逐点搜索,即所有有效点都参加 Hough 变换;二类区域水平逐点、垂直隔行采样有效点参加变换。③如上帧图像中的引导线位置不理想,则对全图不分区域逐点搜索。

2.4 直线校准

AGV 在行驶过程中采用拟人模糊控制器,对引导线斜率和偏差的精度要求不是非常高,因此在算法中忽略镜头的非线性畸变,只对线性畸变加以矫正。设 Hough 变换得到直线为: $y = kx + b$,在实际平面坐标系中为 $u = k'x + b'$,利用交比定理可推导出变换公式

$$\begin{cases} k' = \frac{1\,035.87k}{655.61 - b} \\ b' = \frac{1\,028.80b}{655.61 - b} \end{cases} \quad (5)$$

3 试验结果和分析

图 4b 是分区自适应分割的结果,可见提取的引导线较完整;虽然有些背景被错误判断,但是错误点基本独立于引导线区域,且分布散乱。图 4c 是行扫描后得到的点集,背景噪声基本被剔除。图 4d 是根据 Hough 变换所得参数进行重建的结果,可见引导线和重建直线在下部吻合度好,顶部由于线弯曲而存在偏差。

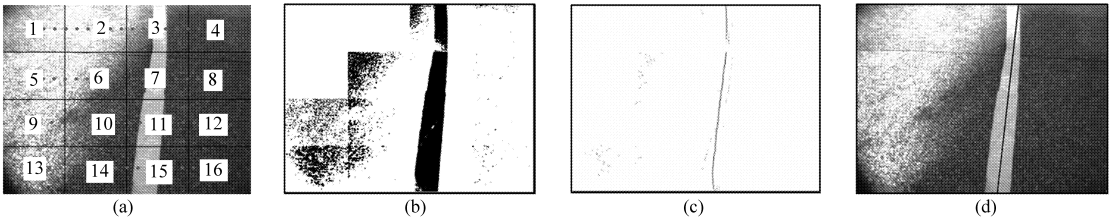


图 4 各步骤运算结果

Fig. 4 Results of each step

(a) 子区域划分结果 (b) 分区二值化效果 (c) 行扫描得到点集 (d) Hough 变换结果

表 1 各算法运算速度比较

Tab. 1 Comparisons of different algorithms

参数	文献[2]算法	文献[5]算法	文献[7]算法	文献[11]算法	本文算法	本文算法(图像压缩后)
CPU	AMD2.01 G	PIV1.6 G	PIV2.93 G	PIV1.6 G	PIV1.6 G	PIV1.6 G
内存	1 G		256 M	256 M	512 M	512 M
分辨率	320 × 240	128 × 128	260 × 370	640 × 480	576 × 768	288 × 384
耗时/ms	45	39	100	200	85	28

图 5a 是 AGV 运行于室外、引导线残缺的情况,引导线较理想部分约占 1/5,其他部位色淡或有裂纹,分区二值化的效果见图 5b,图 5c 是根据参数重建的直线。图 6a 中水磨石地板的镜面反光覆盖了引导线一半以上区域,而且光源不稳时运动拍摄导致图像较模糊,引导线图像边缘锯齿情况严重,

图 6b 是二值化结果,各子区域边缘存在较多干扰点,但会在逐行扫描确定中心点集时,受宽度约束而被滤除,图 6c 是最终结果。可见算法在引导线残缺、反光区域包含引导线等情况下,都能得到较理想的效果。

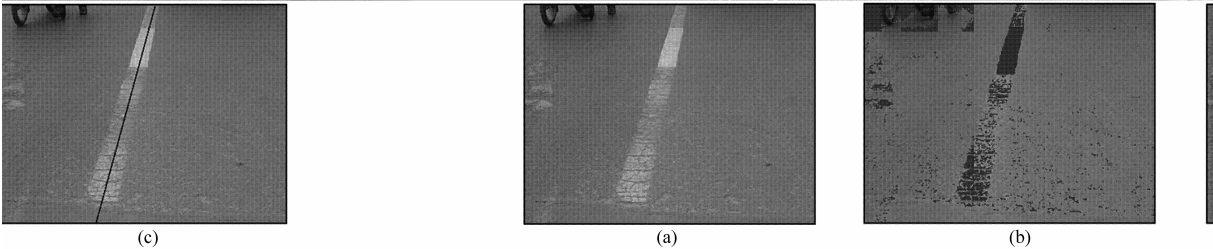


图 5 残缺线处理结果

Fig. 5 Processing result of defective line

(a) 残缺引导线 (b) 分区二值化效果 (c) Hough 变换结果

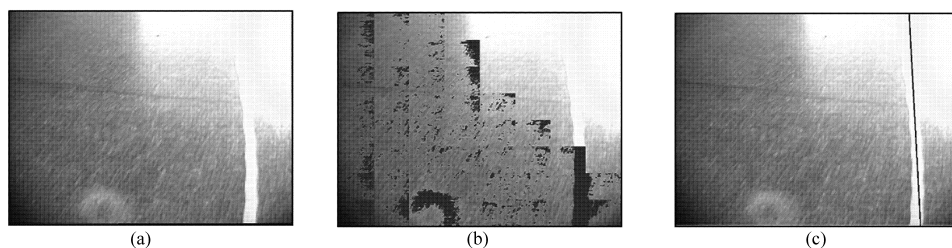


图 6 大面积反光情况处理结果

Fig. 6 Processing result of large reflective surface

(a) 反光遮盖引导线 (b) 分区二值化效果 (c) Hough 变换结果

4 结束语

基于先验知识将图像划分为若干子区域,实现自适应分割,解决图像中各部分亮度不一致的问题;在扫描获取引导线中心点集的同时,利用线宽信息

剔除噪声和避免断裂;通过限制搜索角度范围、分区域采样等对 Hough 变换加以改进提高运算速度,最后对引导线参数进行校准。试验结果表明,提出的方法实现简单、计算快捷、鲁棒性强,能满足 AGV 在各种复杂环境下运行的要求。

参 考 文 献

- 1 陈无畏,孙海涛,李碧春,等. 基于标识线导航的自动导引车跟踪控制[J]. 机械工程学报,2006,42(8):164~169.
Chen Wuwei, Sun Haitao, Li Bichun, et al. Tracking control of automatic guided vehicle based on lane marker navigation [J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2006,42(8):164~169. (in Chinese)
- 2 李进,陈无畏,李碧春,等. 自动导引车视觉导航的路径识别和跟踪控制[J]. 农业机械学报,2008,39(2):20~24.
Li Jin, Chen Wuwei, Li Bichun, et al. Road recognition and tracking control of an vision guided AGV[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(2):20~24. (in Chinese)
- 3 董瑞先,王玉林,张鲁邹,等. 一种基于直线模型的道路识别算法[J]. 青岛大学学报:工程技术版,2010,25(1):18~23.
Dong Ruixian, Wang Yulin, Zhang Luzou, et al. Road recognition algorithm based on straight line model[J]. Journal of Qingdao University: Engineering & Technology Edition, 2010,25(1):18~23. (in Chinese)
- 4 贾阳,王荣本,余天洪,等. 基于熵最大化边缘提取的直线型车道引导线识别及跟踪方法[J]. 吉林大学学报:工学版,2005,35(4):420~425.
Jia Yang, Wang Rongben, Yu Tianhong, et al. Linear lane mark identification and track method based on entropy maximization edge extraction[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2005,35(4):420~425. (in Chinese)
- 5 刘大维,王江涛,严天一,等. 基于彩色视觉的自动导引车路标识别[J]. 农业机械学报,2006,37(4):87~90.
Liu Dawei, Wang Jiangtao, Yan Tianyi, et al. Research on landmark recognition of an AGV based on color vision[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006,37(4):87~90. (in Chinese)
- 6 Kuang P, Zhu Q X, Liu G C. Real-time road lane recognition using fuzzy reasoning for AGV vision system [C] // 2004 International Conference on Communications Circuits and Systems. Washington, DC: IEEE, 2004, 2:989~993.
- 7 凌波,吴靖,叶秀清,等. 最大熵原理在非结构化道路识别中的应用[J]. 电路与系统学报,2005, 10(4):78~81.
Ling Bo, Wu Jing, Ye Xiuqing, et al. Image recognition-based maximum entropy on unstructured road[J]. Journal of Circuits and Systems, 2005, 10(4):78~81. (in Chinese)
- 8 Jung C R, Kelber C R. A robust linear-parabolic model for lane following[C] // Proceedings of the Computer Graphics and Image Processing, 17th Brazilian Symposium, 2004: 72~79.
- 9 郭磊,李克强,王建强,等. 应用方向可调滤波器的车道标识线识别方法[J]. 机械工程学报,2008,44(8):214~218, 226.
Guo Lei, Li Keqiang, Wang Jianqiang, et al. Lane detection method by using steerable filters[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008,44(8):214~218, 226. (in Chinese)
- 10 闫旭琴,吴晓兵,车晓波,等. 基于边缘分布函数的车道引导线识别方法[J]. 计算机应用,2010,30(4):974~976.
Yan Xuqin, Wu Xiaobing, Che Xiaobo, et al. Lane mark identification method based on edge distribution function[J]. Journal of Computer Applications, 2010,30(4):974~976. (in Chinese)
- 11 丁幼春,王书茂,陈度. 基于图像旋转投影的导航路径检测算法[J]. 农业机械学报,2009,40(8):155~160.
Ding Youchun, Wang Shumao, Chen Du. Navigation line detection arithmetic based on image rotation and projection[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(8):155~160. (in Chinese)

- 31 ~ 34. (in Chinese)
- 15 廖庆喜,舒彩霞,田波平,等. 基于高速摄像技术的芦竹切割过程的研究[J]. 华中农业大学学报,2007,26(3):415 ~ 418.
Liao Qingxi, Shu Caixia, Tian Boping, et al. Research on the cutting process based on high-speed photography technology for the *Arundo donax* L[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2007, 26(3): 415 ~ 418 (in Chineses)
- 16 廖庆喜. 免耕播种机锯切防堵装置的高速摄影分析[J]. 农业机械学报,2005,36(1):46 ~ 49.
Liao Qingxi. Analysis on the saw-tooth anti-blocking mechanism for no-tillafe planter by the high speed photography technology[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(1): 46 ~ 49. (in Chinese)
- 17 马瑞峻,王凯湛,马旭,等. 穴盘水稻秧苗通过分秧滑道的运动仿真与分析[J]. 农业工程学报,2010,26(10):113 ~ 118.
Ma Ruijun, Wang Kaizhan, Ma Xu, et al. The movement simulation and analysis of rice seedlings passing through the separating chutes [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(10): 113 ~ 118. (in Chinese)
- 18 马瑞峻,区颖刚,邵耀坚. 机械手式水稻有序行抛机构的设计[J]. 农业机械学报,2002,33(1):36 ~ 38,42.
Ma Ruijun, Ou Yinggang, Shao Yaojian. Study on manipulator of a seedling throwing device [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(1): 36 ~ 38, 42. (in Chinese)
- 19 马瑞峻,区颖刚,王玉兴,等. 穴盘水稻秧苗机械抛栽的农艺要求[J]. 华中农业大学学报,2003,22(1):55 ~ 59.
Ma Ruijun, Ou Yinggang, Wang Yuxing, et al. Study on the agronomic requirement of mechanized throwing rice seedlings sprouted in plastic cell-tray[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2003, 22(1): 55 ~ 59. (in Chinese)
- 20 马瑞峻. 机械手拔抛穴盘水稻秧苗的机理研究[D]. 广州:华南农业大学,2001.
Ma Ruijun. A study on the principle of the manipulator for gripping and order throwing of the rice seedlings sprouted in the plastic cell-tray[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2001. (in Chinese)
- 21 王凯湛. 基于虚拟样机的机械手式水稻抛秧机的研究[D]. 广州:华南农业大学,2008.
Wang Kaizhan. Virtual prototyping research of manipulator of rice seedling throwing machine[D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- 22 王凯湛,马瑞峻. 基于 Pro/E 的机械手式水稻抛秧机的虚拟样机设计[J]. 农机化研究,2008,30(4):89 ~ 93.
Wang Kaizhan, Ma Ruijun. Virtual prototyping design of manipulator of rice seedling throwing machine based on Pro/E[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, 30(4): 89 ~ 93. (in Chinese)
- 23 马瑞峻,区颖刚,赵祚喜,等. 水稻钵苗机械手取秧有序移栽机的改进[J]. 农业工程学报,2003,19(1):113 ~ 116.
Ma Ruijun, Ou Yinggang, Zhao Zuoxi, et al. Development of the order throwing machine for rice seedlings sprouted in the cell-tray[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2003, 19(1): 113 ~ 116. (in Chinese)
- 24 马瑞峻,区颖刚,赵祚喜,等. 穴盘水稻秧苗拔断力学特性的试验研究[J]. 农业机械学报,2004,35(1):56 ~ 59.
Ma Ruijun, Ou Yinggang, Zhao Zuoxi, et al. Experimental study on fracture mechanic characteristics of rice seedlings sprouted in the plastic cell-tray[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(1): 56 ~ 59. (in Chinese)
- 25 马瑞峻,区颖刚,赵祚喜,等. 穴盘水稻秧苗拔秧力试验研究[J]. 农业机械学报,2005,36(9):32 ~ 36,40.
Ma Ruijun, Ou Yinggang, Zhao Zuoxi, et al. Experimental study on the force of pulling up the rice seedlings sprouted in the plastic cell-tray [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(9): 32 ~ 36, 40. (in Chinese)

(上接第 24 页)

- 12 赵颖,孙群,陈兵旗,等. 基于机器视觉的非结构化道路导航路径检测方法[J]. 农业机械学报,2007,38(6):202 ~ 204.
- 13 Hyun-Chul Choi, Se-Young Oh. Illumination invariant lane color recognition by using road color reference & neural networks [C]//The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), Barcelona, 2010:18 ~ 23.
- 14 Gong J W, Wang A S, Zhai Y. High speed lane recognition under complex road conditions[C]// 2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2008:566 ~ 570.
- 15 Zheng Tian, Cheng Xu, Xiaodong Wang, et al. Non-parametric model for robust road recognition[C]// 2010 IEEE 10th International Conference on Signal Processing (ICSP), 2010: 24 ~ 28.
- 16 吴刚,谭戔,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)