颜色空间

利用RGB的线性组合是一种常用的灰度变换方法，rR+gG+bB，典型的有EXG=2G-R-B,I3= (2G-R-B)/4, CIVE=0.441\*R-0.811\*G+O.385\*B+18.78745等，主要用于绿色植物的提取，等优点是对所有绿色植物都有效，如水稻秧苗、棉花、小麦、玉米等，计算速度较快，缺点是无法识别杂草，且对于不同作物，最佳提取因子可能有差异，如用1.9G-R-B，因为若用2G-R-B将会过度提取，腐蚀玉米根茎[1]。Guijarro, M. Pajares, G.; Riomoros, I.等[2]研究了EXG,EXR,EXB,CIVE,VEG组合使用的颜色空间，证明了比单独使用更加准确。

HSV/HIS,可以用于非绿色植物的颜色特征提取，如成熟水稻，其优点为H和S分量不受光照强度影响，且可用于非绿色植物，缺点是计算量较大且H分量与RGB转换为非线性，易造成失真。

YCrCb\YCrCg是一种色度和色相分离的方法，Cg检测作物，Cr检测新旧土，优点是适用于易受光照影响的图像，缺点是

暗原色法的原理是对于存在色彩艳丽和颜色较暗的物体或者表面，则这些物体或表面的 RGB 三个通道中任意一个通道的值必然很小，其对应的暗原色图像也总是灰暗的。其优点在于可以提取非绿色植物，且速度相对RGB更快，缺点是物体颜色与大气光线相似时，暗通道无效；受阳光影响较大[3]。

总结来说RGB法是最常用的方法，对于各种绿色植物都有较好的提取效果，但存在无法识别杂草和对不同作物需要微调系数的缺点，在实际导航中应根据实际情况选取合适的颜色空间。

颜色空间

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 方法 | 对象 | 优点 | 文献 |
|  | RGB线性组合：  EXG:2G-R-B;  I3: (2G-R-B)/4;  CIVE: 0.441\*R-0.811\*G +O.385\*B+ 18.78745 | 主要为绿色植物 | 优点是计算速度较快，  缺点是无法识别杂草，且不同作物的最佳提取因子有差异。  对光照敏感？ | ……  [4] |
|  | HIS、HSV的H分量[5]  S分量[6]  其中，H 表示不同颜色，S 表示颜色的深浅，I 表示颜色的明暗程度  H和S分量不受光照强度影响， | 非须绿色植物，如成熟水稻（黄色） | 优点是不局限于绿色植物，不受光照影响，缺点是计算量较大且需要颜色差异较为明显，且H分量与RGB转换为非线性，易造成失真——  林伟明，胡云堂．基于 ＹＵＶ 颜色模型的番茄收获机器人图旬分  割方法[J] | [5][6] |
|  | YCrCb\YCrCg  色度和色相分离，  Cg检测作物  Cr检测新旧土 |  | 适用于易受光照变化影响的图像，  缺点是 |  |
|  | 暗原色[3, 7]  如果图像中包含：1）色彩鲜艳的物体或表面；2）颜色较暗的物体或者表面，则这些物体或  表面的 RGB 三个通道中任意一个通道的值必然很小，其对应的暗原色图像也总是灰暗的 |  | 优点是速度快，且对象可以是非绿色植物  缺点是物体颜色与大气光线相似时，暗通道无效；受阳光影响[3]。 |  |

分割

阈值法：灰度平均值

其中0，1……，i-1是灰度等级，为第i个灰度等级的灰度值，为此灰度值的数量统计值。根据灰度平均值可以将灰度图划分成二值图。

[8, 9]Xx用平均灰度值对xx进行分割，

平均灰度值的优点在于速度较快，缺点在于稳健性不够。

聚类法

设聚类类别为C,X={}……。

模糊C聚类方法根据图像像素与聚类中心的加权相似度，通过迭代使目标函数最小获取最佳聚类。考虑到传统模糊C聚类方法只考虑像素灰度信息，对含有噪声的图像分割效果不佳，孟庆宽等用了基于二维直方图的模糊C聚类方法。

K-means分割

根据所有样品类到类中心的距离平方和最小原则，实现具有相似性的特征归属到同一类，农田环境中，将农作物归为同一类：

（1）初始化类中心值。利用等距离法确定各个类的初始中心值。

（2）基于特征空间的欧式距离将各个像素点分配到最近的类中。

（3）根据各个类中的像素平均值计算类更新后的中心值

（4）重复步骤（2）（3）计算类间的距离M，直到M满足设定阈值。分割阈值由最后中心确定。

该方法的优点在于

缺点在于

最大类间方差法

OTSU 法是基于分割出的目标与背景之间的方差最大的思想来确定阈值。 设图像的灰度范围为{0,1,…,m-1}，在图像中灰度值为 i 的概率为Pi，阈值 T 将图像分割为目标类A0={0,1,…,T}，背景类 A1={T+1,T+2,…,m-1}，各类发生的概率为 ω0、ω1 及平均灰度值 μ0、μ1,由此可得：

从灰度最小值到最大值遍历 T，当阈值 T 使类间方差最大时，该 T 值为最佳分隔值.

Xx等人用这种方法对图像进行分割，结果显示，

该方法对于直方图上具有明显波峰波谷的图像表现出很好的分割效果，但相反，对于物体与背景不存在明显灰度差异或者各物体灰度范围具有较大重叠的图像分割效果不佳。

迭代法

(1)初始化图像的四个角为背景

(2)生成背景判定函数

(3)根据(2)中函数判定背景和目标

(4)重复(2)(3)直到限定值。

缺点在于初始背景选取对结果的影响。

小结

总结来说灰度阈值法优点在于处理速度较快，对于背景与农作物差异较为明显的图像分割效果较好，

分割

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 文献 | 方法 | 对象 | 优点 | 缺点 |
|  | [2][8, 9] [18] | 灰度阈值法  经验法、RGB  平均值 | 待提取对象和背景灰度差异较大  油菜地边界 | 平均值法优点在于算法简单，处理速度快 | 平均值法稳健性不够。 |
|  | Ostu Discriminant and least squares threshold selection  [12][13][14][6, 15-17] | 最大类间方差 | 水稻、玉米、  含杂草农作物 | 对于直方图上具有明显波峰波谷的图像表现出很好的分割效果 | 比平均值大，可能产生前分割  对于物体与背景不存在明显灰度差异或者各物体灰度范围具有较大重叠的图像分割效果不佳 |
|  | [11] | 迭代法 | 待提取物体尽量在中间 | 准确 |  |
|  | [19]  [20] | 聚类法  K-means  C-means | 可以含有两种以上待分割对象  绿色玉米植物  小麦和玉米 | 对象种类 | 算法复杂 |
|  | [10] | G>R&G>B | 杂草 |  |  |

在我们的图像中，我们验证了通过Otsu方法获得的阈值总是大于平均值，并且在大多数情况下产生了欠分割，这意味着有像素属于绿色纹理被排除。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 文献 | 方法 | 对象 | 精度 | 相机 |
|  | [8] | (2G-R-B)/4 | 冬小麦 |  |  |
|  | [21] | 2G-R-B，良序集去除杂草 | 垄 |  |  |
|  | [22] | 2G-R-B，不因光强改变而改变 |  |  |  |
|  | [23] | G-R，杂草值去除 |  |  |  |
|  | [24] | CIVE=0.441\*R-0.811\*G+O.385\*B+18.78745 | 水稻秧苗 |  |  |
|  | [9] | 2G-R-B | 温室黄瓜 |  |  |
|  | [25] | RGB组合 | 彩棉机 |  |  |
|  | [18] | R+G-2B | 水稻、油菜 小麦， |  |  |
|  | [12] | I3: (2G-R-B)/4 | 稻田秧苗 |  |  |
|  | [19] | YCrCg，与光照无关的Cg分量 |  |  |  |
|  | [7] | 暗原色，原理，非绿色可用，速度更快。 | 各种作物 |  |  |
|  | [26] | 2Cg-Cr-Cb，归一化 | 玉米 |  |  |
|  | [27]  46，51 | (r = ´0.884, g = 1.262, and b = ´0.311)  Rr+gG+bB； | 各种作物 |  |  |
|  | [28] | 2G-R-B |  |  |  |
|  | [15] | 2G-R-B，分析G-R,G-B的关系，不同光照下水稻 | 水稻 |  |  |
|  | [29] | YCrCb时间最短，Cr作为识别新旧土的依据 | 土 |  |  |
|  | [30] | 2G-R-B | 棉花苗 |  |  |
|  | [6] | HSV，S | 成熟水稻 |  |  |
|  | [1] | 1.9G-R-B，过度提取，腐蚀玉米根茎 | 玉米根茎 |  |  |
|  | [31] | HIS，三个分量进行滤波合成。 | 室内 |  |  |

特征点选取

[32]取各个线段的中点作为代表作物行的特征点。和作物行宽度相比，杂草的长度较短，通过清除较短的线段，可以减轻杂草噪声干扰(尽管作物行边缘较短线段也被清除，但作物行中心线位置不受影响。

垂直投影法[33]根据图像分割条后上升点下降点之间距离判断此两点是否为作物边界，从而求取作物行中心点，优点在于只涉及求和运算，速度较快，缺点在于对于存在漏行、杂草或作物行倾斜角度较大时检测效果较差。

多窗口[34]、移动窗口法[35]本质上是对垂直投影法的变形，移动的窗口类似于分割的水平条，移动窗口的优势在于根据作物的生长时期可以调节移动窗口的步长，效率更高，适用于多行作物的作物行线提取。

聚类法[20]，粒子群算法[36]聚类根据聚类的思想将上述特征点分成不同作物行线所属类。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 文献 | 方法 | 阈值 | 优点 | 缺点 |
|  | [32] | 每行作物行中点 | 小麦、大豆、玉米  w/5-w/4 |  |  |
|  | [33] | 垂直投影法 | 上升点下降点之间距离，阈值 | 只涉及求和运算，速度较快 | 存在漏行或直线角度较大时难以实现 |
|  | [37] | 基于行向连续目标区域的中点提取  每行像素连续为1长度 | s-计算得到 | 基于行向连续目标区域的中点提取 |  |
|  | [34] | 多窗口ROI  直方图，T | 基于多ROIs的模型，为估算作物行中心线的点做出了重要贡献。应用一种简单的分类方法来确定指示作物行的真实中心点。 | 不同类型旱地作物 | 适用于多行植物，ROI大小需要选择 |
|  | [35] | 移动窗口法  改进基于移动窗口 | T=k\*Smax  k与作物生长期有关，苗期较小，后期较大。 | 原始移动窗口法较慢，改进后速度更快 | 初始点很重要  改进的适用于中期后期作物 |
|  | [38] | 基于直线交点（消失点）检测的直线筛选方法 |  | 可以删除非平行直线 | 只适用于多行作物 |
|  | [39] | 边缘检测的方法 |  |  |  |
|  | [20] | 聚类算法 |  |  |  |
|  | [36] | 粒子群聚类算法的特征点删除 |  | 而粒子群算法，可以根据自适应调整进化步长，当前解离最优解还有“一段距离”时，那么粒子群则  以较大步长靠近，当前解离最优解非常近时候，则步长又会缩小，使当前解尽量和最优解“重合”，因此粒子群算法是一种非常实用的优化方法 |  |

直线拟合

Hough变换及其变形，最小二乘法，粒子群算法，遗传算法，随机方法，梯度算子，fisher 线性判别，基于RANSAC的PCA.

1. Hough变换法

1962年Paul. Hough提出检测图像直线的Hough变换法，后人在此基础上进行改进。Xx应用基于已知点的Hough变换

随机Hough变换

基于梯度的随机Hough变换

双区域的Hough变换

基于移动窗口的Hough变换，

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 文献 | 方法 |  | 优点 | 缺点 |
|  | [33]  [40] | 稳健回归 |  | 速度较快 |  |
|  | [26] | 粒子群算法 |  | 将作物行线性模型与粒子群算法相结合进行导航路径识别具有以下两方面优点: 首先，作物行线性模型与作物种类和生长阶段无关，使路径识别算法可以适应不同环境; 其次，粒子群算法具有精度高、收敛速度快等特点，可以有效提高路径识别算法的准确性与实时性。 |  |
|  | [22] [41] [42] [43] [35] [28] | Huogh |  | 【44】王海龙，Mean shift结合Hough变换，去除断行和杂草。  【45】张豪，结合动态窗口技术，  【35】王晓杰，移动窗口减少计算量，基于消隐点的直线剔除，  【28】庄晓霖，双区域的Hough变换 |  |
|  | [44, 45] | 基于一点的改进hough变换 |  | 选取图像中下方作物像素点作为已知点。 |  |
|  | [10] | 利用最小二乘法 |  | 耗时非常少，但是易受到行间杂草的影响。利用Hough变法，耗时比较多，但是鲁棒性好，不受行间杂草影响。为了导航的可靠性，本课题利用Hough变换检测农作物行中心线，并选择较少分辨率图像和优化Hough变换以减少图像处理时间，提高图像处理的实时性。 |  |
|  | [46] | 随机方法 |  | 基于随机方法的直线获取，处理速度优于霍夫变换和最小二乘法， |  |
|  | [32, 47] | 最小二乘法 |  | 。HT算法受噪声和作物行缺苗影响小，鲁棒性强，但HT算法本身存在累加器峰值较难确定和重复线段多等问题，在杂草等噪声较大时，HT算法识别作物行的实时性和准确性较差 |  |
|  | [48] | 基于梯度的RHT |  | 基于梯度的RHT改变映射方法而减少计算量．  有效地提高计算速度  Hou曲变换是一到多  的分散映射．而随机Hough变换为多到一的合并映  射。这种合并映射有效地减少了计算量，提高了计  算速度。但是，由于随机Hough变换为随机采样，会  引人大量的无效映射．为了减少这种无效映射．通  过引入直线的梯度信息加以克服。 |  |
|  | [37] | 种基于平均垄间距的视觉导航垄线识别 |  | 最小二乘法 |  |
|  | [2] | Fisher线性判别分析  Fisher linear discriminant |  | 在增加了分类信息之后，两组输入映射到了另外一个坐标轴上，有了这样一个映射，两组数据之间的就变得更易区分了(使类间分开，类内集中。在低维上就可以区分，减少了很大的运算量)。  PCA 是无监督的，它所作的只是将整组数据整体映射到最方便表示这组数据的坐标轴上，映射时没有利用任何数据内部的分类信息，用主要的特征代替其他相关的非主要的特征，所有特征之间的相关度越高越好 |  |
|  | [49] | 基于遗传算法的直线拟合 |  | 该算法处理速度优于 Hough 变换，比随机Hough慢。以Hough变换为标准，检测精度优于随机 Hough 变换和随机变换。 |  |
|  | [50] | 梯度算子 |  | 对于灰度图像的每个像素，FSUT使用Sobel算子分别在x和y方向上获得梯度矩阵Gx和Gy |  |
|  | [30] | 基于RANSAC的PCA. |  |  |  |

新型方法

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 文献 | 方法 | 精度 | 优点 | 缺点 |
| 2009年  丁幼春, 王书茂, 陈度. | [54] |  |  |  |  |
| 2011年  唐晶磊, 景旭, 何东健 et al | [55] | 基于串行BP网络的农业机器人视觉导航控制  将ROI分为上下两部分，第一部分为next，第二部分为previous，中间为current. | 实际目标与理想目标路径之间横坐标位置的最大反馈偏差为- 0.069 m，横坐标位置的最大预览偏差为0.043 m。最大角度反馈偏差为-3.5°，最大角度预览偏差为-2° |  | 仿真，未实现。 |
| 2014  Hiremath S, van Evert FK, Braak CT et al. | [56] | 该方法是基于粒子滤波（PF）的一种新的测量模型，其中，我们构建一个模型图像的粒子，并比较它直接与测量图像后的基本处理，如下采样，过多的绿色滤波和阈值。 | 新的测量模型不从图像中提取特征，因此不遭受与特征提取过程相关联的误差。 | 我们证明了算法的鲁棒性通过实验在几个玉米领域不同的行模式，不同的植物大小和不同的照明条件。迄今为止，我们已经记录了超过5公里的成功的测试运行，其中机器人在没有接触植物茎的情况下穿过走廊，准确地检测行的末端并穿过岬角。 | 倾角限制。 |
| 2013  Wakabayashi K, Imou K, Li M et al. | [57] | 地标定位  尽管RTK-GPS可用于现场定位和导航系统，但农业用途的成本太高。作者提出了一种使用全方位视觉和人造地标的简单而廉价的定位系统。在该系统中，四个地标被设置在矩形区域的角落处，并且使用安装在车辆上的全向相机获得360°图像。车辆在现场的位置和方向由地标的图像确定。本文报道了在农业领域开车时车辆定位的结果。实验在50×50米的方形场中进行。车辆位置可以由468张图像（总共578张图像的81％）确定，对于1.0m / s的行驶速度，其均方根误差约为30厘米。在1.5和2.0 m / s的较高速度下，误差更大。但是，错误的差异并不显着。 |  |  |  |
| 2016  Vidovic, I.; Cupec, R.; Hocenski, Z. | [58] | 能量最小 |  | 各阶段各种类型作物 |  |
| 2014  Tu C, van Wyk BJ, Djouani K et al. | [4] | 本文提出了一种高效的作物行检测方法，用于农业机器人的视觉导航。 在所提出的方法中，不需要低级特征（诸如图像的边缘和中间线）。 因此避免了用于修边和匹配的复杂算法（例如霍夫变换），这大大节省了计算负担。 相反，灵活的四边形被定义为检测作物行。 所提出的方法移动，延伸或收缩柔性四边形以在捕获的帧中定位作物行。 实验表明，该方法具有较高的时间效率和检测精度。 |  |  |  |
| 2014  English A, Ross P, Ball D et al. | [59] | 基于特征纹理 |  | 不用关注低层特征，因此不受杂草光照等影响。 |  |
| 2012  Xue jinlin | [60] | 可旋转摄像头 |  |  |  |

**参考文献**

[1] 宋宇，刘永博，刘路，等. 基于机器视觉的玉米根茎导航基准线提取方法[J]. 农业机械学报. 2017(02): 38-44.

[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.

[3] He K, Sun J, Tang X. Single Image Haze Removal Using Dark Channel Prior[J]. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE. 2011, 33(12): 2341-2353.

[4] Tu C, van Wyk B J, Djouani K, et al. An Efficient Crop Row Detection Method for Agriculture Robots[J]. 2014 7TH INTERNATIONAL CONGRESS ON IMAGE AND SIGNAL PROCESSING (CISP 2014). 2014: 655-659.

[5] 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(07): 25-33.

[6] 郭翰林，洪瑛杰，张翔，等. 再生稻收割机的视觉导航路径检测方法[J]. 福建农林大学学报(自然科学版). 2017, 46(03): 356-360.

[7] 李勇，丁伟利. 基于暗原色的农机具视觉导航线提取算法[J]. 光学学报. 2015(02): 229-236.

[8] 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(06): 101-105.

[9] 于国英，张小丽. 行播作物农田图像边界提取研究[J]. 安徽农业科学. 2012(04): 2517-2519.

[10] 侯学贵. 除草机器人杂草识别与视觉导航技术研究[D]. 南京林业大学, 2007.

[11] Ridler T W, Calvard S. PICTURE THRESHOLDING USING AN ITERATIVE SELECTION METHOD[J]. IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS. 1978, 8(8): 630-632.

[12] 迟德霞，任文涛，刘金波，等. 水稻插秧机视觉导航基准线识别研究[J]. 沈阳农业大学学报. 2014(05): 559-565.

[13] 刁智华，赵明珍，宋寅卯，等. 基于机器视觉的玉米精准施药系统作物行识别算法及系统实现[J]. 农业工程学报. 2015(7): 47-52.

[14] 邵长峰. 基于凸优化的二值描述子研究及实时作物行检测中的应用[D]. 哈尔滨工业大学, 2016.

[15] 袁加红，朱德泉，孙丙宇，等. 基于机器视觉的水稻秧苗图像分割[J]. 浙江农业学报. 2016(06): 1069-1075.

[16] 韩永华，汪亚明，孙麒，等. 基于小波变换及Otsu分割的农田作物行提取[J]. 电子与信息学报. 2016(01): 63-70.

[17] 赵腾. 基于激光扫描的联合收割机自动导航方法研究[D]. 西北农林科技大学, 2017.

[18] Zhang T, Xia J, Wu G, et al. Automatic navigation path detection method for tillage machines working on high crop stubble fields based on machine vision[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING. 2014, 7(4): 29-37.

[19] 孟庆宽，何洁，仇瑞承，等. 基于机器视觉的自然环境下作物行识别与导航线提取[J]. 光学学报. 2014(7): 180-186.

[20] 张红霞，张铁中，陈兵旗. 基于模式识别的农田目标定位线检测[J]. 农业机械学报. 2008, 39(02): 107-111.

[21] 张志斌，罗锡文，李庆，等. 基于良序集和垄行结构的农机视觉导航参数提取算法[J]. 农业工程学报. 2007(07): 122-126.

[22] 孙虹. 基于全景视觉的农业移动机器人自主导航研究[D]. 南京农业大学, 2009.

[23] Si Y, Jiang G, Liu G, et al. Early stage crop rows detection based on least square method[J]. Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery. 2010, 41(7): 163-167.

[24] 施响军. 基于机器视觉的小型插身机导航研究[D]. 浙江杭州: 浙江理工大学, 2010.

[25] 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(11): 11-19.

[26] 孟庆宽，张漫，杨耿煌，等. 自然光照下基于粒子群算法的农业机械导航路径识别[J]. 农业机械学报. 2016(06): 11-20.

[27] Bengochea-Guevara J, Conesa-Muñoz J, Andújar D, et al. Merge Fuzzy Visual Servoing and GPS-Based Planning to Obtain a Proper Navigation Behavior for a Small Crop-Inspection Robot[J]. Sensors. 2016, 16(3): 276.

[28] 庄晓霖. 基于机器视觉的路径识别及避障导航系统[D]. 华南农业大学, 2016.

[29] 陈益杉，卢伟，王玲，等. 基于GIF-Shearlet算法的新旧土边界线视觉导航技术研究[J]. 农业现代化研究. 2017(02): 343-351.

[30] 翟志强. 基于虚拟现实的拖拉机双目视觉导航试验方法研究[D]. 中国农业大学, 2017.

[31] 李庆，郑力新，潘书万，等. 使用单目视觉的移动机器人导航方法[J]. 计算机工程与应用. 2017(04): 223-227.

[32] 司永胜，姜国权，刘刚，等. 基于最小二乘法的早期作物行中心线检测方法[J]. 农业机械学报. 2010(7): 163-167, 185.

[33] 袁佐云，毛志怀，魏青. 基于计算机视觉的作物行定位技术[J]. 中国农业大学学报. 2005(03): 69-72.

[34] Jiang G, Wang Z, Liu H. Automatic detection of crop rows based on multi-ROIs[J]. Expert Systems with Applications. 2015, 42(5): 2429-2441.

[35] 王晓杰. 基于机器视觉的农田作物行检测方法研究[D]. 河南理工大学, 2016.

[36] 姜国权，杨小亚，王志衡，等. 基于图像特征点粒子群聚类算法的麦田作物行检测[J]. 农业工程学报. 2017(11): 165-170.

[37] 张志斌，潘华稳，李琛，等. 一种基于平均垄间距的视觉导航垄线识别算法[J]. 计算机工程与应用. 2011(22): 191-194.

[38] Jiang G, Wang X, Wang Z, et al. Wheat rows detection at the early growth stage based on Hough transform and vanishing point[J]. COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE. 2016, 123: 211-223.

[39] 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(04): 1015-1020.

[40] 毛可骏. 基于单目视觉的自主插秧机导航信息识别技术研究[D]. 浙江理工大学, 2009.

[41] Zhu Z, He Y, Zhai Z, et al. Research on Cotton Row Detection Algorithm Based on Binocular Vision[M]. Applied Mechanics and Materials, Liu H, Kuroda S I, Zheng L, 2014: 670-671, 1222-1227.

[42] 金海龙. 插秧机视觉导航关键技术的研究[D]. 浙江理工大学, 2015.

[43] 张豪. 基于机器视觉棉花图像的分割和棉田视觉导航研究[D]. 新疆农业大学, 2015.

[44] 陈娇，杜尚丰. 农业机械机器视觉导航实时图像处理系统的改进: 2007年中国农业工程学会学术年会[Z]. 中国黑龙江大庆: 20071.

[45] Wang X, Chen Y, Chen B, et al. Detection of stubble row and inter-row line for computer vision guidance in no-till field[J]. Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery. 2009, 40(6): 158-163.

[46] 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(11): 85-88.

[47] Wang H, Ji C, An Q, et al. Detection of navigation route in greenhouse environment with machine vision: Proceedings of SPIE[Z]. Zeng Z, Li Y. 2012: 8349, 83491P.

[48] 陈来荣，冀荣华. 基于梯度的RHT作物行中心线检测方法研究[J]. 湖北农业科学. 2010(09): 2234-2236.

[49] 杨飞，刘刚，刘寅，等. 基于机器视觉的农机具自动导航系统: 创新农业工程科技 推进现代农业发展——中国农业工程学会2011年学术年会[Z]. 中国重庆: 20115.

[50] Liu L, Chen H, Chu S, et al. The Method of Coordinate Recognition for Maize Straws under Canopy by Monocular Vision[M]. 2016, 304-307.

[51] 曹倩，王库，杨永辉，等. 基于TMS320DM642的农业机器人视觉导航路径检测[J]. 农业机械学报. 2009, 40(07): 171-175.

[52] 赵颖，孙群，王书茂. 单目视觉导航智能车辆的自定位方法[J]. 计算机工程与设计. 2008(09): 2372-2374.

[53] 李颢. 基于视觉的智能车辆自主导航方法研究[D]. 上海交通大学, 2009.

[54] 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(08): 155-160.

[55] 唐晶磊，景旭，何东健，等. 基于串行BP网络的农业机器人视觉导航控制(英文)[J]. 农业工程学报. 2011(02): 194-198.

[56] Hiremath S, van Evert F K, Braak C T, et al. Image-based particle filtering for navigation in a semi-structured agricultural environment[J]. Biosystems Engineering. 2014, 121: 85-95.

[57] Wakabayashi K, Imou K, Li M, et al. Positional measurement of an agricultural vehicle at different speeds using omnidirectional vision[J]. Applied Engineering in Agriculture. 2013, 29(2): 289-294.

[58] Vidovic I, Cupec R, Hocenski Z. Crop row detection by global energy minimization[J]. PATTERN RECOGNITION. 2016, 55: 68-86.

[59] English A, Ross P, Ball D, et al. Vision Based Guidance for Robot Navigation in Agriculture[M]. IEEE International Conference on Robotics and Automation ICRA, 2014, 1693-1698.

[60] Xue J, Zhang L, Grift T E. Variable field-of-view machine vision based row guidance of an agricultural robot[J]. Computers and Electronics in Agriculture. 2012, 84: 85-91.

**校对报告**

当前使用的样式是 [Chinese Journal of Mechanical Engineering机械工程学报的英文版]

当前文档包含的题录共97条

有0条题录存在必填字段内容缺失的问题

所有题录的数据正常