１.同类项目国内外研究现状和水平；

**国外**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国家 | 年份 | 作者 | 研究 | 结果 | 讨论 | 补充 |
| 日本 | 1996 | Torii等人[1] | 在HIS空间中利用水平扫描线和最小二乘法检测作物行 | 在速度为0.25m/s时，在人工草坪取得了最大横向误差0.024m,航向角误差1.5°的结果。 | 最初动机？作物类型？实验实期？农机类型？为什么有这个速度限制？误差测量方法?最初动机？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 英国 | 2001 | Hague T[2] | 一种在图像序列中定位作物行的方法 | 该方法已被用于指导一个冬小麦的机械除草，RMS位置误差为15.6mm，速度为1.6m/s。 | 最初动机？实验实期？农机类型？为什么有这个速度限制？误差测量方法？方法思路？图像序列是指视频中的帧？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 瑞典 | 2002 | Astrand B[3] | 一种新的算法提出作物行行识别系统 | 并已在室外现场测试广泛测试，并证明能够引导机器人的精度为2cm。 | 最初动机？作物类型？实验实期？农机类型？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 美国 | 2004 | Han S, Zhang Q[4] | 多个窗口提取导航线 | 用多个窗口提取导航线以提高其鲁棒性的方法。在大豆实验中平均误差为1cm，谷物（玉米）的平均误差为2.4cm。 | 最初动机？实验实期？农机类型？作物类型？是否有速度限？误差测量方法？图像方法思路？多窗口是指多帧联解？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 澳大利亚 | 2014 | English, A.; Ross, P.; Ball, D.等人[5] | 一种新的基于视觉的纹理跟踪方法 | 方法能够在白天和夜晚对非常不同的形状跟踪作物在不同领域的行。 | 最初动机？实验实期？农机类型？作物类型？是否有速度限制？误差测量方法？夜晚用了什么设备？误差？具体哪一种纹理？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 澳大利亚 | 2016 | Ball, D.; Upcroft, B.; Wyeth, G等人[6] | 一个基于视觉的障碍检测和导航系统 | 机器人能够继续在5分钟的GPS中断，通过视觉跟踪作物行。实验误差在小麦行，高粱茬、夜晚高粱茬、鹰嘴豆的误差分别为(m):0.034、0.060、0.100、0.048。 | 最初动机？5分钟的时间设置初衷？作物类型？实验时期？是否有速度限制？误差测量方法？夜晚用了什么设备？障碍类型？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 南非 | 2014 | van Wyk, B. J.; Djouani, K.等人[7] | 一种有效的作物行检测方法 | 该方法在捕获的帧中移动，延伸或缩小柔性化的四边形来放置作物行。 | 最初动机？作物类型？农机类型？是否有速度限？实验时期？误差测量方法？柔性化的四边形如何形成？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 西班牙 | 2016 | Bengochea-Guevara, J. M.; Conesa-Munoz, J.; Andujar, D.等人[8] | 视觉与GPS融合 | 设计并开发了两个模糊控制器，实现了视觉导航。速度在0.3m/s左右位置偏差小于2cm，角度小于2°。 | 最初动机？作物类型？农机类型？验时期？是否有速度限？模糊控制器基于什么模糊？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 克罗地亚 | 2016 | Vidovic, I.; Cupec, R.; Hocenski, Z.[9] | 利用动态规划技术将图像证据与先验知识相结合的有效的作物行检测方法 | 能够准确地检测作物直线和曲线。优于霍夫变换和最小二乘法。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？先验是指什么？优于霍夫等在哪些方面优于？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |

国外从上世纪末开始就有了有关视觉导航的研究，总体实现了低速下（1m/s左右）在一定路程内导航横向偏差达到厘米级（小于10厘米）。2016年澳大利亚的Ball, D.; Upcroft, B.; Wyeth, G等人[6] 设计了一个基于视觉的障碍检测和导航系统，机器人能够继续在5分钟的GPS中断，通过视觉跟踪作物行。实验误差在小麦行，高粱茬、夜晚高粱茬、鹰嘴豆的误差分别为(m):0.034、0.060、0.100、0.048。2016年西班牙的Bengochea-Guevara, J. M.; Conesa-Munoz, J.; Andujar, D.等人[8]等人设计了视觉与GPS融合导航系统，设计并开发了两个模糊控制器，实现了视觉导航。速度在0.3m/s左右位置偏差小于2cm，角度小于2°。

视觉导航的主要应用场景，主要困难，目前主要克服了哪些，主要的展望有哪些，主要用于哪些农机，

**国内**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 机构 | 年份 | 作者 | 方法 | 结果 | 讨论 |  |
| 南京农大 | 2012 | Xue, J.; Zhang, L.; Grift, T. E.等人[10] | 一种新的机器视觉导航方法 | 车辆成功穿越30m距离到作物行末端对该方法进行了测试，重复三次。用RTK-GPS数据评价制导性能，最大的制导误差为15.8mm，航行行为稳定。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？先验是指什么？优于霍夫等在哪些方面优于？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 南京农业大学 | 2017 | 陈益杉; 卢伟;[26] | 基于 GIF-Shearlet 算法的新旧土边界线视觉导航技术研究 | 采用Shearlet-Canny算子检测边缘并经过Hough变换后提取的导航线精确度最高,最大误差小于0.5°。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？先验是指什么？优于霍夫等在哪些方面优于？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 中国农业大学 | 2009 | 陈艳等人[11] | 基于卡尔曼滤波方法将RTD GPS和机器视觉信息进行融合 | 提高了RTD GPS的定位精度。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 中国农业大学 | 2011 | 陈艳等人[12] | UFK（无迹卡尔曼滤波）[12]对GPS数据和机器视觉导航数据进行融合 | 比卡尔曼滤波好 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？用了什么的ＧＰＳ，精度？好在哪里？ |  |
| 中国农业大学 | 2017 | 翟志强 | 基于虚拟现实的拖拉机双目视觉导航[13] | 在非地头环境下,作物行中心线的正确识别率不小于92.11%,平均偏差角度的绝对值不大于1.07°,偏差角度的标准差不大于2.52°;图像处理时间的平均值不大于202.90 ms、标准差不大于17.75 ms。通过比较作物行中心线与拖拉机行驶方位的相对位置规划导航路径,能够保证拖拉机稳定跟踪同一条目标作物行,目标路径规划的正确率为97.33%;导航路径规划时间的平均值为0.017 ms,标准差为 0.017 ms。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 浙江理工大学 | 2015 | 金海龙[15] | 研究插秧机视觉导航 | 在陆地上实验时，以一档速度（0.5m/s左右）行驶时平均角度误 差在 1°左右，平均位置偏差小于 3.2mm，角度标准差约为 2.5°以内，位置偏移标准差小 于 34.80mm。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 浙江理工大学 | 2015 | 汪博[16] | 设计开发了一个机器人控制系统 | 实现了ROI的自动选取，用机器学习的方法识别杂草，横条法加线性回归的组合算法进行作物行检测，最终在校内的模拟实验中机器人速度为0.65m/s，最大偏转角为6°，平均偏转角为2°-3°。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 浙江理工大学 | 2016 | 韩永华等人[17] | 研究了基于小波变换及Otsu分割的农田作物行提取 | 实验表明算法能有效克服密集杂草干扰,针对480′640像素大小图像,单幅处理时间平均为132 ms。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 江苏大学 | 2016 | 陈艳丽[18] | 北斗导航系统为主视觉导航为辅的组合导航 | 在0.5m/s下组合导航的偏差为X方向为4cm，Y方向2.5cm，而单独北斗的为10cm，5cm左右。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 华南农业大学 | 2016 | 庄晓霖[19] | 基于机器视觉的路径识别及避障导航系统。 |  | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 华南理工大学 | 2016 | 郑少华[20] | 视觉导航AGV定位与路径规划技术 | 研究重点为定位技术和路径规划技术。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 华南理工大学 | 2007 | 张志斌;罗锡文等[27] | 运用像素子集的良序性结合垄宽先验知识得到垄行轨迹中心 | 试验结果表明:航向角和位置参数平均误差分别约为1°和1 mm。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 安徽农业大学 | 2017 | 宋宇、刘永博[21] | 基于机器视觉的玉米根茎导航基准线提取方法 | 700像素×350像素的彩色图像平均耗时小于185 ms。准确率在90%以上。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 安徽农业大学 | 2016 | 袁加红[22] | 基于机器视觉的水稻秧苗图像分割 | 试验发现,Ex G因子结合Otsu分割法分割效果相对理想、稳定性更高,而且耗时更短。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 福建农林大学 | 2017 | 郭翰林、洪瑛杰[23] | 再生稻收割机的视觉导航路径检测方法 | 419\*310的图像平均耗时0.064s， | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 石河子大学 | 2017 | 杨玲香; 王田田;[24] | 基于随机抽样一致性算法(RANSAC)的农作物行提取 | 结果表明,该算法能够在缺株、有杂草、地膜覆盖等复杂背景下,自动剔除伪定位点,有效检测出作物行。 | 最初动机？作物类型？农机类型？实验时期？是否有速度限？误差测量方法？是否有展望？用了什么的ＧＰＳ，精度？ |  |
| 西北农林科技大学 | 2017 | 赵腾[25] | 基于激光扫描的联合收割机自动导航方法研究 | 田间静态试验将基于Otsu算法检测的作物边缘线与实际作物边缘线进行对比,最大偏差为8.3 cm,平均偏差为5.4 cm,标准差为3 cm |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

近年来国内中国农业大学、华南农业大学、华南理工大学、江苏大学、等高校都对视觉导航及GPS与视觉导航融合相关技术进行了研究。结果表明目前的视觉导航图像处理速度能满足作业要求，对复杂情况下作物行线提取都有了较为成熟的方法，误差能够达到厘米级（10cm内）。与GPS的融合研究也表明且视觉导航能对GPS导航起到辅助作用，且能在GPS导航失效独立起到导航作用。

２.项目研究的主要内容、技术关键和技术路线；

 研究视觉导航主要包括获取图像到导航线检测，导航参数的转换，执行机构的控制，视觉导航的导航参数检测四个步骤，其关键在于导航线检测。

导航线检测一般包括图像矫正（畸变矫正、ROI选取、预处理等），颜色特征选取、背景分割、定位点选取、直线拟合等步骤，也有一些新型方法利用纹理特征、动态规划等跳过定位点选取步骤直接得导航线参数。

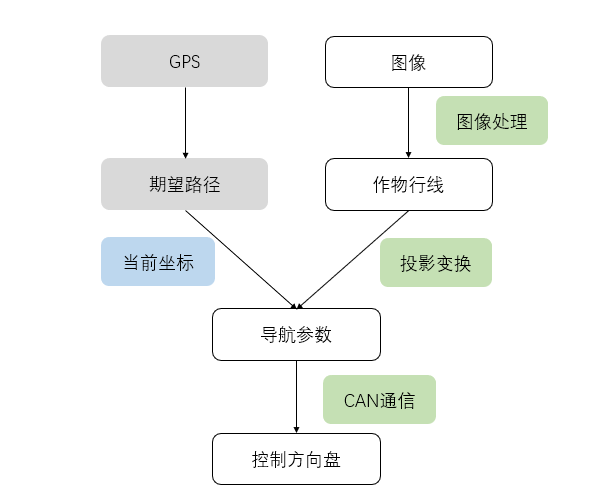


Figure 技术路线

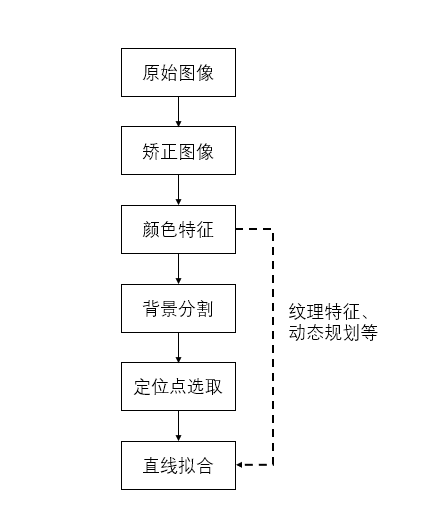


Figure 技术关键

３.项目主要技术经济指标和预期目标；

４.项目成果推广应用、市场前景及经济、社会效益分析；

５.方案的可行性、先进性、创新性和风险性分析。

**可行性**

导航线提取算法已有较多研究，在研究大量已有算法的基础上，结合本项目适用对象对其加以改进。可以实现导航线提取算法的优化。

在前人视觉融合的基础上加以改进，实现RTK-GPS与视觉融合算法。

**先进性**

目前国内尚无市场化的用视觉进行导航的农机。

**创新性**

1. 导航线提取算法改进

国内目前尚无利用帧间特征纹理差异提取导航参数的研究，以此构建一套视觉导航系统。

2. 视觉和GPS融合

国内已有RTDGPS与视觉融合以及北斗与视觉融合的系统，但尚无RTKGPS与视觉融合的研究。

**参考文献**

[1] 姜国权，何晓兰，杜尚丰，等. 机器视觉在农业机器人自主导航系统中的研究进展[J]. 农机化研究. 2008(03): 9-11.

[2] Hague T, Tillett N D. A bandpass filter-based approach to crop row location and tracking[J]. MECHATRONICS. 2001, 11(1): 1-12.

[3] Astrand B, Baerveldt A J. An agricultural mobile robot with vision-based perception for mechanical weed control[J]. AUTONOMOUS ROBOTS. 2002, 13(1): 21-35.

[4] Han S, Zhang Q, Ni B, et al. A guidance directrix approach to vision-based vehicle guidance systems.[J]. Computers and Electronics in Agriculture. 2004, 43(2004): 179-195.

[5] 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.

[6] Ball D, Upcroft B, Wyeth G, et al. Vision-based Obstacle Detection and Navigation for an Agricultural Robot[J]. JOURNAL OF FIELD ROBOTICS. 2016, 33(8): 1107-1130.

[7] 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.

[8] 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.

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

[10] 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.

[11] 陈艳，张漫，刘兆祥，等. 基于Kalman滤波器的机器视觉自动导航定位算法研究[C]. 太原: 2009.

[12] 陈艳，张漫，马文强，等. 基于GPS和机器视觉的组合导航定位方法[J]. 农业工程学报. 2011, 3(27): 126-130.

[13] 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.

[14] 刁智华，王会丹，宋寅卯. 基于机器视觉的农田机械导航线提取算法研究[J]. 农机化研究. 2015, 2(2): 33-39.

[15] 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.

[16] 汪博. 基于机器视觉的农业导航系统[D]. 浙江理工大学, 2015.

[17] 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.

[18] 陈艳丽. 基于北斗定位的农机车载组合导航系统研究[D]. 江苏大学, 2016.

[19] 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.

[20] 郑少华. 视觉导航AGV定位与路径规划技术研究[D]. 华南理工大学, 2016.

[21] 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.

[22] 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.

[23] 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.

[24] 杨玲香，王田田，何旭. 基于随机抽样一致性算法(RANSAC)的农作物行提取[J]. 江苏农业科学. 2017(02): 195-197.

[25] 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.

[26] 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.

[27] 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.