|  |  |
| --- | --- |
| 资助编号 |  |

华中科技大学本科生自然科学创新基金

申请书（机械学院初步申报版）

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称： | 未知野外环境全地机器人鲁棒自主感知方法研究 |
| 申请人： | 仇韶强 |
| 申请人学号： | U202110971 |
| 移动电话： | 13971480683 |
| 电子邮件： | 1506011339@qq.com |
| 所在院系： | 机械科学与工程学院 |
| 填表日期： | 5月23日 |

华中科技大学本科生院制

2024年5月

基本信息

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 申请人信息 | 姓名 | 仇韶强 | 性别 | 男 |
| 出生年月 | 2003年10月28日 | 民族 | 汉 |
| 导师姓名 | 韩斌 | 导师职称 | 教授 |
| 学籍单位 | 机械科学与工程学院  职称 | 学号 | U202110971 |
| 电子邮箱 | 1506011339@qq.com | | |
| 手机号码 | 13971480683 | QQ | 1506011339 |
| 研究领域 | 机器人 | | |
| 是否基础学科拔尖学生培养计划2.0基地 | | | □是 □√否 |
| 项目基本信息 | 项目名称 | 未知野外环境全地机器人鲁棒自主感知方法研究 | | |
| 英文名称 | Research on Robust Localization and Mapping for All-Terrain Robots in Unknown Wild Environments | | |
| 研究期限 | 18个月 | | |
| 研究方向 | 机器人 | | |
| 申请金额 | 5（万元） | | |
| 中文关键词 | 全地形机器人，同时定位与建图，智能感知，移动无人系统 | | |
| 英文关键词 | All-terrain robot, simultaneous localization and mapping, intelligent perception, unmanned mobile system | | |
| 中文摘要 | **（本部分内容字数不超过500字）**  全地形机器人作为一种能够在草地、沙地、戈壁和山地等多样环境中自主探索的智能无人平台，已成为国民经济和国防建设领域的重要需求之一，在野外救援搜救、行星表面探索和军事作战侦察等领域发挥着关键作用。随着任务需求的日益多样化，全地形机器人在未知环境中的自主运行能力变得尤为重要。然而，在复杂未知环境下进行鲁棒感知和可靠路径规划，仍是限制全地形机器人实地应用的核心挑战。本项目致力于探究全地形机器人在非结构地面高速移动时感知系统面临的颠簸影响，并根据全地形机器人的特性提出非结构颠簸环境下的鲁棒定位与建图算法。项目从理论基础和关键技术层面出发，建立面向全地形机器人感知的统一地面表征模型，提出基于振动能量分析的鲁棒的多传感器融合感知算法，最终形成完整的全地形机器人鲁棒感知，搭建集成多传感器的高性能全地形机器人平台，为全地形机器人的自主探索能力提升贡献新理论、新方法、新技术。 | | | |

报告正文（从以下三方面进行阐述，不超过3000字。请勿删除或改动下述提纲标题及括号中的文字。）建议2-3页

|  |  |
| --- | --- |
| 研究初衷 | （为什么选择该研究课题？）  全地形机器人在遥远、危险、任务时间长或作业人员不可达的工作环境中正逐步取代人工，是未来信息化工业和军事发展的必然趋势，其在国防安全、环境可持续发展、城市基础设施建设等方面发挥着重要作用，需求十分迫切，已成为大国角逐的重要战场。国家自然科学基金委也已将智能无人系统技术列入“十四五”发展规划优先发展领域。  2023年1月，工信部等部17部门联合印发《“机器人+”应用行动实施方案》提出加强无人系统在“消防巡检、工程抢险、海洋捕捞、海上溢油及危化品船舶救援、自然灾害救援、安全生产事故救援、核应急安全救援”等危险环境中的应用。随着任务复杂度不断提升，对机器人功能性能要求越来越高，这就对全地形机器人在复杂未知环境中的感知提出了更高的要求。例如，行星表面探索需要全地形机器人能够自主定位与建图的能力，判断出地形特性，避免机器人陷入困境；军事侦察作战要求全地形机器人能够在卫星拒止区域下穿越复杂野外环境，完成相应的任务。然而，现有的感知算法在野外复杂化经的鲁棒性极。因此，为满足日益复杂的任务需要，亟待突破面向全地形机器人的鲁棒自主感知技术。 |
| 前期工作 | （前期做了哪些思考和准备？包括但不限于查阅文献、理论分析、实验验证等）  **全地形机器人实验平台的部分结构设计优化**  在实验室原有的全地形机器人的基础上进行了结构上的改进，让其能搭载需要的实验设备且结构更加合理，对实验平台熟悉了解可为本项目的实物实验提供良好的研究基础。  **激光雷达定位与建图（SLAM）调研及复现**  调研整理30余种激光雷达SLAM算法，比较各方面优劣以及实验环境实验平台等，针对项目需求挑选合适的slam算法。学习Fast-Lio算法，并在全地形机器人实验平台上成功复现，为后续的实验及项目目标提供实验方法。  **面向车辆动力学仿真实践**  调研整理仿真方法，本项目对仿真中动力学有较高的要求，且要能搭载各类感知设备如激光雷达、双目相机等。比较各类仿真适用条件及功能后，选择Chrono方法为本项目提供仿真支持，该方法有完备的动力学仿真，提供多种车辆动力学模型，且可以搭载激光雷达、相机、雷达等进行仿真，符合项目需求。学习并成功在Chrono中完成车辆动力学及激光雷达、视觉仿真，仿真结果如图1所示  **多种仿真环境设计搭建**  项目需面向多种地形及周边环境，故搭建多种周边环境比如城市道路、野外环境，针对鲁棒性自主感知还搭建不同的地形环境如减速带、阶梯、野外颠簸地形等。将搭建环境与Chrono仿真结合，实现动力学-激光雷达-周边环境-地形仿真，为整个项目提供实验原理验证平台。  图 1 Chrono激光雷达仿真 |
| 研究内容 | （包括研究目标和拟解决的关键问题，以及拟采取的研究方法、技术路线等）  **一、研究目标：**  提出面向野外环境的鲁棒定位与建图（SLAM）算法，实现野外环境中的鲁棒定位与建图。  **二、拟解决的关键问题：**  **1）剧烈抖动运动下全地形机器人多传感融合鲁棒SLAM方法。**履带-地面的耦合是全地形机器人在野外环境运动时不容忽略的因素，对车身带来剧烈的振动，这种振动极大的影响了移动机器人的同时定位与建图（SLAM）的鲁棒性。多传感器融合是解决SLAM鲁棒性的技术手段，但当前的SLAM算法并未考虑剧烈抖动造成的影响，是本项目重点解决的关键问题。  **2）全地形机器人多种物理场中的高可靠运动与感知仿真方法。**仿真环境中搭建多种物理场环境（草地、沙地、山地、滩涂）并开展仿真是验证全地形机器人感知算法有效性的关键环节，但如何搭建多种多样的可靠的仿真环境（包括机器人动力学仿真与传感器仿真）是一大难点，是本项目需要解决的关键问题。  **三、研究方法：**  整体技术路线如图2所示。主要包括剧烈抖动下全地形机器人多传感融合鲁棒SLAM方法研究、全地形机器人多种物理场中的高可靠运动与感知仿真验证、以及全地形机器人样机搭建与测试三部分。其中，仿真验证根据真实的全地形环境和机器人进行搭建，快速验证所提出方法的有效性，实现方法的快速迭代；样机的搭建与测试旨在最终通过真实的物理实验，验证并展示算法的有效性。    图 2技术路线   1. **剧烈抖动运动下全地形机器人多传感融合鲁棒SLAM研究**   研究全地形机器人动力学特性，建立全地形机器人外部激励下的响应模型，根据机器人搭载传感器实时建立高精度地面表征，预测机器人的振动特性，实时修正SLAM过程中的特征特征提取、匹配与地图优化环节，提高全地形机器人SLAM的鲁棒性。   1. **全地形机器人多种物理场中的高可靠运动与感知仿真方法研究**   采用CHRONO物理仿真引擎，精准建立全地形机器人仿真模型，建立包括草地、沙地、碎石、滩涂、山地等多种物理场地形，实现仿真环境中激光雷达与IMU的数据采集。对仿真数据进行后处理，得到可用于验证算法的数据。不断开展各种环境、地形下的仿真测试，快速验证与迭代方法。   1. **全地形机器人样机搭建与测试**   搭建全地形机器人，搭载32线激光雷达、惯性测量单元（IMU）、底盘控制器、工控机等采集、控制与处理设备。完成激光雷达与IMU的外参标定与时间同步，开展野外环境测试，验证算法的有效性。  **四、经费预算：5万元**  32线激光雷达：2.5万元  全地形机器人底盘：1.2万元  惯性测量单元（IMU）：0.8万元  工控机：0.5万元  **五、项目时间节点**  2024年8月，仿真环境的搭建  2025年4月，完成算法改进  2025年8月，完成样机搭建与调试  2025年10月，完成实物实验验证  2025年12月，完成技术报告撰写  **六、预期成果**   1. 撰写《未知环境全地机器人鲁棒自主感知方法》技术报告1篇； 2. 申请发明专利1项； 3. 搭建全地形机器人样机1套。 |

申请人简历

|  |  |
| --- | --- |
| 教育经历 | （从高中开始;大学期间教育经历需写明所在院系）  2018-09至2021-06，广东东莞东华高级中学  2021-09至今，华中科技大学机械科学与工程学院 |
| 项目经历 | （曾参与的科技活动或项目）  2021-2022年参与数控中心实验室轮转，指导老师为唐小卫；  2022年参与数字制造装备与技术国家重点实验室轮训，指导老师为冀晶晶；  2022年参加华中科技大学第十八届校机器人大赛（校级），指导老师为刘伦洪,担任了机械结构设计等任务；  2022年参与韩斌导师课题组的高性能跨域移动无人系统室外复杂地型SLAM算法研究科研项目，负责SLAM算法调研及Fast-Lio方法的学习验证；  2023年参加“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛（国家级）。 |
| 成绩奖励 | 本科学业成绩、加权排名和获得奖励情况（如论文、专利、奖项等，高中期间获得全国性学科竞赛奖项也可列出）  加权成绩84.04，排名16/29。  Wenxuan Li, Yan Dong, **Shaoqiang Qiu** & Bin Han，Hardware-Free Event Cameras Temporal Synchronization Based on Event Density Alignment，The 16th International Conference on Intelligent Robotics and Applications(ICIRA),2023。  曾理湛，韩斌，**仇韶强**，董岩，杨君宇，李玟瑄，一种事件相机间启动延迟的估计方法：CN2023102738832，2023.06.23（实审）。  韩斌，董岩，徐德南，**仇韶强**，一种多传感器外参的确定方法、装置、电子设备及介质：CN2023114905639，2024.02.02（实审）。  2023年参加“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛（国家级），获得全国一等奖。 |

项目承诺

|  |
| --- |
| 本人承诺遵守学术伦理，承诺遵守国家和学校规定，合法合规使用项目经费；承诺按照申请书制定的目标和计划完成项目；如在项目结题之前毕业，本人承诺按本科生院要求结题。    承诺人：  年 月 日 |

导师意见

|  |
| --- |
| 对项目创新性及申请者的思想素质、科研能力、创新潜力和拟开展的研究工作的评价,是（否）同意申报。    导师:  年 月 日 |