编号

**东 华 大 学**

**国家/上海市大学生创新创业训练计划项目**

**申 报 表**

|  |  |
| --- | --- |
| **院 系** | **信息科学与技术学院** |
| **项目名称** | **慧扶伴护者——居家AI随护系统** |
| **项目类型** | ☑创新训练项目 □创业训练项目 □创业实践项目 |
| **申 报 人** | **马誉轩** |
| **联系电话** | **17659738358** |
| **申报人邮箱** | 209380837@qq.com |
| **申报日期** | 2025年3月1日 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目负责人 | | | 学号 | | | | 身份证号 | | | | 性别 | | 班级 | 手机 |
| 马誉轩 | | | 230910221 | | | | 130903200508090910 | | | | 男 | | 通信2301 | 17659738358 |
| 参加人员 | 姓名 | | 学号 | | 身份证号 | | | | | 性别 | | 班级 | 手机 | |
| 李挺 | | 230910718 | | 652901200412220013 | | | | | 男 | | 通信2303 | 18299191271 | |
| 夏钰 | | 240910830 | | 361122200706154830 | | | | | 男 | | 电信2408 | 18007932645 | |
| 蒋澳暄 | | 230901113 | | 331081200507149034 | | | | | 男 | | 自动化2301 | 18869976872 | |
| 冯昶 | | 230910713 | | 150105200409207872 | | | | | 男 | | 卓自2302 | 15547105367 | |
| 项目种类  请在相应格下方打√ | | | 设计制作 | | 实验测试 | | | | 社会调查 | | | 理论研究 | 其他(请写明) | |
| √ | | √ | | | |  | | |  |  | |
| 指导教师 | | | 职称 | | 所在部门 | | | | 邮箱 | | | 签名 | | |
| 李楠 | | | 高级实验师 | | 信息与控制实验中心 | | | | lnzs@dhu.edu.cn | | |  | | |
|  | | |  | |  | | | |  | | |  | | |
| 1. **申报项目的出发点**（应写明意义及应用价值）   **1.研究背景**  中国已进入“深度老龄化”，老龄化程度在全球属于中上水平，少子化和长寿趋势使得老龄化持续加深。中国人口老龄化呈现三个趋势特征：  1）规模大，全球每4个老年人就有1个中国人。  2）速度快，未来30多年处于老龄化快速深化期。  3）高龄化趋势明显，预计2050年左右高龄老人占比超10%。  随着人口老龄化程度的不断加深，一系列社会问题相继涌现，其中社会劳动力短缺问题尤为突出。老年人口比例的持续攀升，直接导致了劳动力市场的供不应求，进而对社会生产的正常运转产生了负面影响。与此同时，为了满足日益增长的老年人照料需求，大量劳动力流入护工行业，这无疑进一步加剧了其他行业的劳动力短缺问题。  在家庭层面，老龄化同样给子女带来了沉重的负担。随着老年人口数量的增加，子女不仅要承担更多的经济压力，还要在工作和照顾老人之间艰难平衡。许多老人由于身体机能下降，无法独立生活，而他们的子女为了维持生计，又不得不外出工作。这种工作与家庭责任之间的矛盾，在老龄化社会中变得愈发普遍和尖锐，给家庭关系和社会和谐带来了严峻挑战。    图1中国老龄化持续加深  资料来源：国家统计局  2024 年，中国 60 岁及以上人口 31031 万人，占全国人口的 22.0%，其中 65 岁及以上人口 22023 万人，占全国人口的 15.6%。根据国家统计局的统计数据以及预测数据，中国65岁及以上人口将大幅增多，2060年左右将达到顶峰。《中共中央 国务院关于加强新时代老龄工作的意见》明确指出，要积极培育银发经济，推动老龄事业和产业协同发展。文件强调，要促进老年用品科技化、智能化升级，大力开发满足老年人衣、食、住、行等各方面需求的老年用品。鼓励企业研发生产老年助行、助听、辅助睡眠等产品，丰富适老产品供给。这充分体现了国家对利用科技手段解决老龄化问题的重视与支持，旨在通过科技创新，提升老年人生活质量，缓解老龄化带来的社会压力。  该文件为我们的项目提供了有力的政策依据和发展方向指引。在此背景下，我们研发的智能机器人项目，将语音交互、自动运送物品以及远程监控等智能化功能融入产品设计，正是响应国家政策号召，致力于为老年人提供更加便捷、舒适、安全的生活服务，助力解决老龄化社会中老年人生活照料和陪伴不足等实际问题。这不仅可以切实便利居家行动不便老人的生活，还能使外出工作的子女时刻无死角监控家中的情况，让他们放心外出工作。  **2.研究难点**  居家机器人在带来巨大便利和潜力的同时，其当前的发展本身也面临着一  系列挑战和问题。  1.**多传感器融合与精准协同**：本机器人集成了语音识别模块、摄像头、激光雷达、超声波传感器等多种设备。实现这些传感器之间的精准协同工作是一大挑战。例如，在语音交互过程中，需要语音识别模块准确获取老人指令，同时摄像头和激光雷达要迅速定位目标物品，这要求各传感器数据传输及时且处理算法高效，否则可能出现指令响应延迟、物品定位偏差等问题，影响用户体验。  2.**复杂家居环境适应性**：家庭环境复杂多样，家具布局、物品摆放各不相同，且存在各种不规则障碍物。机器人在自动运送物品时，要在这样的环境中实现精准的路径规划并非易事。像狭窄的过道、低矮的家具等，都可能导致机器人碰撞或被困。此外，不同家庭的光照条件差异大，也会影响摄像头和激光雷达的性能，增加环境感知和导航的难度。  3.**机械臂操作的稳定性与精确性**：机械臂在抓取物品时，需要根据物品的形状、大小、重量等因素，精确控制力度和角度。比如抓取易碎物品时，力度过大易损坏物品，力度过小则可能抓取不稳导致掉落。而且，在将物品送到老人手中的过程中，要保证机械臂平稳移动，避免物品晃动或掉落，这对机械臂的运动控制算法和硬件性能提出了很高要求。  本项目正是基于上述问题而产生的。利用SLAM-超声波-视觉的组合使用能够很好的解决上述问题，具有广泛的应用场景。  **3.项目创新**  **多技术融合创新应用：**创新性地将 SLAM、超声波、视觉等多种技术深度融合，协同解决机器人在复杂家居环境中的定位、避障和目标识别问题。通过 SLAM 技术构建家庭地图，超声波传感器实时监测动态障碍物，视觉系统精准识别目标物品，三者相互配合，使机器人能在复杂环境中稳定、高效地运行，相比单一技术应用，大大提升了机器人的环境适应性和任务执行能力。  **聚焦实际需求的整体解决方案：**项目聚焦于居家养老的实际需求，整合语音交互、自主运送、远程监控等多功能于一体，为老年人和外出子女提供全方位的服务。从老年人角度，满足其日常生活协助、情感陪伴需求；从子女角度，实现对家中老人的实时远程关怀与监控，这种一站式的整体解决方案在市场上同类产品中具有创新性，切实解决了老龄化社会中家庭养老面临的关键问题。  **二．项目实现的技术、方法或形式**  **1.树莓派4B的概述**  ·计算性能强劲  本项目使用树莓派4B作为主控制器，它搭载了 Broadcom BCM2711 64 位四核 Cortex - A72 处理器，主频最高可达 1.8GHz。相较于传统的微控制器，其多核心、高主频的特性能够同时处理多个复杂任务，对于本项目中语音交互、自动运送物品以及远程监控等功能的实现，提供了充足的计算能力支持。比如在语音交互时，能够快速对语音指令进行识别和处理；在自动运送物品过程中，可高效运行路径规划算法；在远程监控时，也能流畅处理视频数据的传输和分析。此外，树莓派 4B 有 1GB、2GB、4GB 和 8GB 等多种内存规格可选，丰富的内存资源可以满足不同规模程序和数据的存储与运行需求，确保系统运行的稳定性。  ·通信功能丰富  树莓派 4B 集成了 2.4GHz 和 5GHz 的双频 Wi - Fi（802.11ac）以及蓝牙 5.0（LE）功能。双频 Wi - Fi 不仅提供了更高速的网络连接，还能根据实际环境选择更稳定的频段，这对于远程监控功能中实时视频数据的上传以及与外部设备的稳定通信至关重要。蓝牙 5.0 则支持低功耗和长距离通信，方便与其他支持蓝牙的设备进行连接和数据交互，例如与老人佩戴的健康监测手环等设备进行数据传输，进一步丰富项目的功能。  ·接口资源多样  它拥有丰富的外设接口，包含多个 USB 接口、GPIO 接口、HDMI 接口、CSI 摄像头接口、DSI 显示屏接口等。USB 接口可用于连接各种外部设备，如机械臂的控制模块、激光雷达等，方便数据的传输和设备的控制。GPIO 接口则允许用户自定义连接各种传感器和执行器，如超声波传感器用于障碍物检测、红外传感器用于人员感知等。CSI 摄像头接口可以直接连接树莓派官方摄像头或者其他兼容的深度摄像头，为视觉引导机械臂抓取以及远程监控功能提供清晰的图像和视频数据。HDMI 接口和 DSI 显示屏接口则可用于连接显示器，方便进行系统调试和信息展示。  ·具备安全保障  树莓派 4B 具备一定的安全防护机制。在数据传输方面，通过 Wi - Fi 和蓝牙连接时支持加密协议，保障数据传输的安全性。同时，操作系统本身也提供了用户权限管理和文件加密等功能，防止数据被非法访问和篡改。对于涉及老人隐私的远程监控视频数据以及语音交互信息等，能够提供可靠的安全保障。  **2.SLAM 技术应用**  ·SLAM技术简介  同步定位与地图构建（Simultaneous Localization and Mapping，简称 SLAM）是机器人领域的一项关键技术，旨在解决机器人在未知环境中实时确定自身位置并构建环境地图的问题。当机器人处于一个陌生环境中时，它需要不断感知周围环境的信息，同时明确自己在这个环境中的具体位置，就如同人类在陌生城市中，一边观察周围的建筑、道路等地标，一边确定自己所处的方位一样。SLAM 技术让机器人能够在移动过程中，通过自身携带的各种传感器收集环境数据，然后利用这些数据来创建环境地图，并精确计算出自己在地图中的位置。  ·在本项目中使用 SLAM 技术的必要性  在本项目中，我们的目标是让机器人能够自主拿取物品并送到使用者手中。为了实现这一目标，机器人首先需要对家中环境有一个清晰的认知，了解各个房间、家具的布局以及通道的位置等信息。而 SLAM 技术恰好能够满足这一需求，它可以帮助机器人在首次进入家庭环境时，快速初始化家中的大致布局。通过构建的地图，机器人能够规划出从当前位置到目标物品所在位置的最佳路径，避免在寻找物品过程中出现盲目乱撞的情况，提高工作效率。  ·SLAM 技术在本项目中的工作原理  本项目中，机器人搭载了相应的传感器，如激光雷达或深度摄像头等，用于收集环境信息。以激光雷达为例，它通过发射激光束并测量激光反射回来的时间，来获取周围物体与机器人之间的距离信息。在机器人移动过程中，激光雷达不断地扫描周围环境，得到一系列的距离数据点。SLAM 算法会对这些数据点进行处理和分析，将其转换为环境地图的特征信息。同时，结合机器人自身的运动信息，如轮子的转动角度、速度等，算法可以不断更新机器人在地图中的位置。  在实际运行过程中，随着机器人的移动，SLAM 系统会持续优化地图的精度。如果遇到新的未知区域，机器人会自动探索并将其添加到地图中；如果环境发生了变化，如家具的位置移动，SLAM 系统也能够实时感知并更新地图，确保地图始终反映真实的环境情况。  ·SLAM 技术与其他功能的协同作用  SLAM 技术为整个项目的其他功能提供了基础支持。与超声波避障功能相结合，当机器人在按照 SLAM 构建的地图规划路径移动时，超声波传感器可以实时检测周围是否有移动的障碍物，如走动的人员或宠物等。一旦检测到移动障碍物，机器人会根据障碍物的位置和运动方向，及时调整自己的路径，避免碰撞。  在目标物品定位方面，当机器人根据 SLAM 地图抵达提前设置好的目标物品所在区域时，启动摄像头进行目标检测。由于已经有了准确的环境地图和自身位置信息，摄像头可以更有针对性地对周围环境进行扫描，利用 YOLO 等目标检测算法快速准确地识别出待取物品的位置。然后，机器人可以根据摄像头提供的画面信息，结合 SLAM 地图，精确地向目标物品靠近，最终完成物品的拿取任务。  ·SLAM 技术的优势及对项目的意义  采用 SLAM 技术可以大大提高机器人的自主性和智能化水平。通过构建精确的环境地图，机器人能够更好地适应复杂多变的家庭环境，减少人工干预的需求。这不仅提高了机器人的工作效率，还增强了用户体验。例如，用户只需要下达取物指令，机器人就能够自主规划路径、避开障碍物并准确找到目标物品，为用户提供便捷的服务。同时，SLAM 技术的实时地图更新功能，使得机器人能够适应家庭环境的动态变化，保证了系统的稳定性和可靠性。  **3.超声波避障系统运作**  ·超声波避障系统简介  超声波避障系统是一种基于超声波技术的传感器系统，主要用于检测机器人周围的障碍物信息。超声波是一种频率高于 20kHz 的机械波，具有方向性好、能量集中、传播距离适中且不易受电磁干扰等优点。在本项目中，超声波避障系统作为机器人的重要感知模块，能够实时监测机器人周围环境中移动障碍物的情况，为机器人的安全移动和自主导航提供关键支持。  ·在本项目中使用超声波避障系统的必要性  在机器人自主拿取物品并送达使用者的过程中，家庭环境复杂多变，存在许多移动的物体，如走动的家人、宠物等。虽然 SLAM 技术可以帮助机器人构建家中的大致布局，但它主要针对静态环境进行建模，对于动态移动的障碍物无法实时准确地进行监测和响应。而超声波避障系统能够弥补这一不足，通过实时检测周围移动障碍物的位置和距离，使机器人在运行过程中及时做出避障决策，避免与障碍物发生碰撞，确保机器人自身的安全以及家庭环境中物品和人员的安全。  ·超声波避障系统的工作原理  超声波避障系统主要由超声波发射器、接收器和控制电路组成。工作时，超声波发射器向周围环境发射超声波脉冲信号。当超声波遇到障碍物时，部分超声波会被反射回来，由超声波接收器接收。控制电路会记录超声波从发射到接收所经历的时间，根据超声波在空气中的传播速度（约为 340m/s），利用公式（其中为障碍物与传感器之间的距离，为超声波传播速度，为超声波往返时间）计算出障碍物与机器人之间的距离。  在本项目中，机器人会周期性地发射超声波信号，并不断更新障碍物的距离信息。通过对多个方向的超声波传感器数据进行综合分析，机器人可以确定障碍物的具体位置和大致形状，从而判断是否需要采取避障措施。  **4.基于深度学习算法的目标检测流程**  ·目标检测功能概述  在本项目中，目标检测功能扮演着关键角色，它是机器人实现自主拿取物品的核心环节之一。目标检测旨在让机器人能够从摄像头捕获的图像或视频中准确识别出特定的待取物品，并确定其在图像中的位置和范围，为后续机械臂的精准抓取提供必要的信息。  ·采用目标检测功能的必要性  尽管 SLAM 技术可以构建家中大致布局，超声波避障系统能应对移动障碍物，但要让机器人精准找到并拿取用户所需物品，就需要目标检测功能。家庭环境中物品繁多且具有多样性，不同物品在形状、颜色、大小等方面存在差异，仅依靠环境地图和避障能力无法直接定位到目标物品。目标检测功能可以使机器人 “看清” 周围环境中的物品，准确识别出用户指定的物品，从而实现自主拿取物品的任务。  ·目标检测算法（以 YOLO 为例）的工作原理  本项目选用 YOLO（You Only Look Once）这一先进的目标检测算法。YOLO 算法的核心思想是将目标检测问题转化为一个回归问题，通过单次前向传播就能完成目标的检测。具体来说，它会将输入的图像划分为多个网格，每个网格负责预测一定数量的边界框（bounding box）以及这些边界框内是否包含目标物品的置信度，同时还会预测目标物品属于各个类别的概率。  在训练阶段，YOLO 算法会使用大量标注好的图像数据进行学习，调整模型的参数，使得模型能够准确地识别出不同类别的物品。在实际应用中，当机器人启动摄像头后，摄像头捕获的图像会输入到训练好的 YOLO 模型中，模型会快速输出检测结果，即目标物品的位置信息（用边界框表示）和类别信息。  858811a8408b58097475cd58cea7e59  图2 自主运送功能示意图  **5.运动学建模与逆运动学求解**  ·运动学建模  在本项目里，运动学建模与逆运动学求解是实现机械臂精准抓取物品的关键技术环节。运动学建模用于描述机械臂各关节运动和末端执行器（夹爪）位置、姿态之间的关系，逆运动学求解则是在已知末端执行器期望位置和姿态时，计算出各关节应有的运动参数，二者共同确保机械臂能准确到达目标位置并完成抓取动作。  通常采用 Denavit - Hartenberg（D - H）参数法来构建机械臂的运动学模型。该方法为每个关节定义四个参数：连杆长度（）、连杆扭角（）、连杆偏移（）和关节角度（）。通过这些参数，可以建立起相邻关节坐标系之间的变换矩阵，进而通过矩阵连乘得到从基座坐标系到末端执行器坐标系的齐次变换矩阵。这个矩阵就完整地描述了末端执行器相对于基座坐标系的位置和姿态。  例如，对于一个具有n个关节的机械臂，其从基座坐标系到末端执行器坐标系的齐次变换矩阵可以表示为：是第i个关节相对于第i-1个关节的齐次变换矩阵，由该关节的 D - H 参数确定。  ·逆运动学求解  逆运动学求解的主要目标是在已知末端执行器期望的位置和姿态时，计算出机械臂各个关节需要达到的角度或位移。在本项目中，当目标检测功能确定了目标物品的位置和姿态后，就需要通过逆运动学求解来得到机械臂各关节的控制参数，从而驱动机械臂到达目标位置进行抓取。  对于一些结构较为简单、具有特殊几何关系的机械臂，可以采用解析法求解逆运动学问题。解析法通过数学推导得到各关节角度的封闭解，计算速度快且结果精确。例如，对于具有三个旋转关节且关节轴线相互平行的机械臂，可以通过几何关系直接推导出各关节角度的表达式。  **6.路径规划策略**  在本项目中，路径规划是使机械臂能够从起始位置安全、高效地移动到目标物品位置，完成自主拿取物品任务的关键环节。它需要综合考虑家庭环境中的各种因素，如障碍物分布、机械臂自身的运动约束等，为机械臂规划出一条可行的运动路径。  目标检测功能通过摄像头确定目标物品的位置和姿态后，将这些信息传递给路径规划模块。路径规划模块以此为目标点，结合环境地图和障碍物信息，规划机械臂的运动路径。同时，在路径规划过程中，也会考虑目标物品周围的环境情况，确保机械臂能够顺利接近并抓取目标物品。  路径规划得到的是机械臂末端执行器的运动路径，而运动学建模和逆运动学求解则将这条路径转换为机械臂各个关节的具体运动参数。在机械臂沿着规划好的路径运动时，需要不断根据路径信息进行逆运动学求解，实时调整各个关节的角度，以确保机械臂能够准确地沿着路径运动。  路径规划的结果会被发送到机械臂的运动控制系统中，运动控制系统根据这些信息驱动机械臂的各个关节运动。在运动过程中，运动控制系统还会实时监测机械臂的位置和姿态，根据实际情况对运动进行调整，确保机械臂按照规划的路径准确到达目标位置。  **7.电机控制**  智能车的电机控制采用 PID（比例 - 积分 - 微分）算法。该算法根据设定速度与实际速度的偏差，计算出控制电机转速的输出量。比例环节（P）根据当前速度偏差值，快速调整电机输出，使速度趋向设定值；积分环节（I）对过去一段时间内的速度偏差进行累加，消除系统的稳态误差；微分环节（D）根据速度偏差的变化率，预测未来偏差趋势，提前调整电机输出，防止速度突变。通过合理调整 PID 算法的三个参数（比例系数、积分系数、微分系数），使电机在加速和减速过程中保持平滑，确保智能车行驶平稳，为各功能模块的正常运行提供稳定的运动基础。  图片1  图3 PID算法    图4 PID算法  **8.AI 语音陪伴系统**  其构建依托一系列先进技术，以实现为老人提供贴心陪伴的功能。系统核心硬件采用树莓派 4B，其具备良好的性能与扩展性，搭载高灵敏度麦克风用于精准采集语音信号。采集到的音频数据，借助百度语音识别服务 API，按照其既定的数据格式与传输协议，高效转换为文字信息。  在调用 Deepseek 大模型前，需进行全面的预处理工作。此过程运用自然语言处理技术，针对老人语言特点，如口语化表达、重复内容等，对文字进行清洗、去噪以及语义解析，从而使 AI 能够精准理解老人意图，更好地扮演陪伴老人的朋友角色。  随后，将预处理后的文字信息，同时发送至 Deepseek 大语言模型 API 以及 Google surper API。Deepseek 大语言模型基于海量数据训练，可生成逻辑性强、富有情感的回复内容；Google surper API 则利用其强大的网络搜索能力，获取实时信息，为回复提供最新资讯支撑。二者协同工作，通过特定的算法融合回复结果，生成综合性的回复文本。  最后，利用阿里云的 Sambert 语音合成 API，将回复文本依据其要求的文本格式输入，经复杂的语音合成算法处理，转换为音频数据。这些音频数据通过与树莓派 4B 相连的喇叭进行播放，使老人能够直接听到 AI 的温暖回应。    图5 语音陪伴系统结构示意图  **9.云服务平台**  云服务平台提供了大容量的存储空间，能够存储机器人摄像头拍摄的大量视频数据。这些数据可以按照时间、事件等规则进行分类管理，方便外地子女随时查看历史画面。  作为中间桥梁，云服务平台负责在机器人和外地子女的终端设备（如手机、电脑）之间进行数据传输和转发。它可以将机器人摄像头采集到的实时画面数据高效、稳定地传输到外地子女的设备上，同时也能将外地子女的控制指令传达给机器人。  云服务平台具备专业的安全防护机制，如数据加密、访问控制、防火墙等，能够确保视频数据在传输和存储过程中的安全性和隐私性，防止数据被非法获取或篡改。 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. **项目内容、分阶段实施计划**   **1.项目内容：**  ·语音交互  老人可以与机器人对话，机器人通过语音与老人交流。  ·自主运送  当老人对机器人下达拿取物品指令时机器人可以自主将预定区域中的物品运送到老人附近。  ·远程监控  外地子女可通过网站访问机器人摄像头的画面，并且可以控制机器人的运动实现无死角监控。  **2.分阶段实施计划：**  项目周期  2025年3月-2026年4月  第一阶段  2025年3月-2025年5月  查找相关资料，明确项目所需各种功能的技术实现方式。采购设备，如树莓派、机械臂等。  第二阶段  2025年5月  实现语音交互功能。  第三阶段  2025年6月  实现远程监控功能。  第四阶段  2025年7月-2026年1月  实现自主运送功能。  第五阶段  2026年1月-2026年4月  将整个系统组合起来进行调试，并对系统进行优化，编写产品说明书设计报告等。 | | | | | | | | | | | | | | |
| **四. 项目起讫日期及预计成果**（论文、制作、软件、计划或报告等）  ·起讫日期：  2025 年3 月 - 2026 年4 月  ·预计成果：  1.系统实物  2.报告  3.产品使用说明 | | | | | | | | | | | | | | |
| **五. 所需经费**（写明计划经费的用途、数量、金额等）  树莓派4B ￥389  3D深度视觉机械臂 ￥2279  机器人底盘 ￥665  机器人框架 ￥150  RGB摄像头 ￥50  激光雷达 ￥474  超声波套件 ￥28  云服务器租赁 ￥70  麦克风+音响 ￥65  总计 ￥4170 | | | | | | | | | | | | | | |
| 推荐专家姓名 | | | | 刘肖燕 | | | 职称 | 高级实验师 | | | 所在部门 | | 信息与控制实验中心 | |
| 推荐意见：    签名:  日期: | | | | | | | | | | | | | | |
| 院系意见：      签章:  日期: | | | | | | | | | | | | | | |
| 学校意见：    签章：  日期: | | | | | | | | | | | | | | |
| 备注： | | | | | | | | | | | | | | |