

移动机器人迭代学习控制算法研究

邵 华

(宁夏民族职业技术学院, 宁夏 吴忠 751100)

摘要: 在新时代环境下, 科学技术飞速发展, 机器人技术逐渐成为支撑当今社会持续发展的重要科技内容。如何提升机器人导航定位与轨迹跟踪的精度是机器人的重要研究方向。迭代学习控制算法是智能控制领域中的重要分支, 其能够在有限时间范围内, 通过重复控制任务不断试验以修正控制量, 进而提升精准度的理念。通过对迭代学习控制算法的优化应用, 对提升移动机器人精准度与生产效益具有重要价值。当前, 关于移动机器人迭代学习控制算法的研究尚停留于浅层, 存在着研究不够深入与研究方法单一的问题。对此, 本文针对移动机器人迭代学习控制算法展开研究综述, 以此拓展研究视角与内容, 以供参考。

关键词: 移动机器人; 迭代学习控制算法; 研究综述

一、移动机器人的研究综述

(一) “机器人”的概念研究

“机器人”最开始出现于科幻作品, 日本科学家森政认为“机器人”是指可以自主移动与被人类应用的智能机器。在科学技术飞速发展背景下, 机器人概念逐渐多元, 在原有基础上增加了通信、自动控制、传感器技术等元素, 逐渐构成多学科交叉的研究领域。在多元素支持下, 当下的机器人技术不断发展, 相较于传统机器人更加灵敏与智能, 能够有效适应复杂环境, 按照相关指令完成动作。

(二) 移动机器人国内外研究现状

国外对移动机器人的研究最早可追溯到 20 世纪 50 年代。1958 年, 恩格尔伯格制作了第一台工业机器人, 此机器人的推出为制造业的发展提供了新的路径, 改变了制造生产的格局。1962 年, 美国研制出了能够用计算机控制的机器人, 下达简单指令, 能够让机器人完成相应的重复性操作。1972 年, 美国研发了机器人 Shakey, 其能够进行自主移动, 产生对自身行为的自主感知。有学者认为, 机器人 Shakey 的研发代表着机器人技术与人工智能技术的有效融合, 对机器人技术与人工智能技术发展有着重要意义。次年, 日本研发了机器人 WABOT-1, 在传统机器人系统基础上, 引进了肢体控制系统、视觉系统与传感器等元素, 促使其能够模仿人类进行自主移动或抓取等, 能够应用语言系统与人类进行简单对话, 此机器人被认为是世界上第一个仿人机器人。1984 年, WABOT-2 被研发出来, 其不仅能够育人脚力, 同时还可以读取乐曲与乐曲演奏, 推动了智能机器人的发展。截止到现在, 各种各样的机器人纷纷涌现, 有可以缓解人们压力与带来快乐的陪伴型机器人, 有可以进行危险环境作业的工业机器人等。

我国对移动机器人的研究发展起步相对较晚, 但其发展水平并不低于其他发达国家。1986 年, 我国研发出国内第一台水下机器人“海人一号”, 其标志着我国机器人技术的重要发展, 对我国科技研究工作带来了极大信心。紧接着, 我国先后研发了点焊机器人、冶钢机器人等, 其相关性指标位于世界前沿。此类机

器人技术的发展代表着我国科学技术的巨大进步。2007 年, 哈尔滨工业大学研发的足球机器人得以展出, 是世界上首个应用全局视觉的机器人系统。2013 年, 玉兔号月球机器人车在月球着陆, 其能够按照指令对月球表面物质进行检测。2014 年, 哈尔滨工业大学与政府合作研发出“威尔”迎宾机器人、“天璇”农业无人机等, 推动着我国移动机器人技术的发展。此类机器人的出现代表着我国在科技领域的蓬勃发展。

二、迭代学习控制算法的研究综述

“学习”是人类的基本智能之一, 是人们在应对各类复杂操作, 对操作对象动态行为与期望目标分析后得以调整的工作方法, 通过学习能够促使操作对象的动态行为达到预期。控制器若具备学习能力, 便可以结合系统过去控制经验, 通过不断调整自身变量, 促使行动动作与自身输出不断接近期望目标。1978 年, 日本学者结合人类学习行为对移动机器人提出了迭代学习的思想, 认为通过对机器人系统实际输出轨迹与期望轨迹的分析, 结合相关误差修正系统的输入变量, 以此不断更新迭代, 促使系统实际输出转化为期望轨迹, 以此实现对机器人系统的有效控制。1984 年, 日本学者 Arimoto 提出了迭代学习控制的思想, 是适用于移动机器人的职能控制方法, 其有着强耦合型、控制精度要求高的特点, 能够实现有限时间内通过不点迭代调整, 促使系统输入调整, 以达成对对象的完全跟踪控制。此思想应用了人类的模仿学习能力, 能够促使系统的不断更新迭代, 能够有效提升非线性系统的动态跟踪性能。在研究初期, 学者更关注迭代学习控制算法的组成结构与特性等内容, 研究方向主要为各类算法的结合, 旨在提升算法的各项性能与拓宽使用条件。

三、移动机器人迭代学习控制算法研究综述

机器人应用领域广泛, 能够按照移动方式与工作类型等划分不同种类, 逐渐实现了在工农商等领域的广泛应用, 通过对行业机器人的使用可以发现其具备以下优点: 一是能够替代人工开展重复性流水工作, 比如装配、定量装袋等, 以此减少人力成本的付出, 提升企业生产工作效率。二是能够替代人工开展危险性工作,

比如井下勘探、化学物品检验等,以此减少危险物品对人们的伤害,提升检验严敏度。三是能够替代人工开展极端环境工作,比如海洋深处作业、太空环境作业等,以此推动科学探索发展,提升工作的智能水平。机器人的灵敏度与抗干扰能力较强,能够适应各种复杂地形与环境,在各行业应用中具有重要作用。实现上述功能需要依赖于机器人的导航定位技术与轨迹跟踪技术等,机器人要通过优化路径技术探索出切实可行的运行路径,并沿着路径追踪目标物体,以此改进机器人的导航与定位技术。

目前,诸多学者对机器人控制算法有着大量研究,相继提出了各种控制算法:

针对轨迹跟踪效果,Xianghua Ma等人(2020)提出了基于U模型的迭代学习控制算法,旨在提升轨迹跟踪速度,通过抑制初始状态误差对无计算时间的影响,能够实现机器人系统的有效跟踪。针对不确定机械臂在任务空间的自适应,Ngo等人(2012)提出了自适应迭代学习控制算法,利用PD控制器预测驱动器预期力矩,应用迭代当时进行轨迹跟踪。针对自由机器人轨迹跟踪问题,袁静等人(2017)提出了神经网络与常规PID控制相结合的控制算法,应用粒子群算法对神经网络权值与阈值等,以此实现了全局优化。Hui等人(2019)提出了基于扩展状态观测器的数据驱动迭代学习控制方法,研究者引入ESO概念,将随机初始状态和扰动视为整体的扩展状态,对初始位移和迭代变化的摄动具有鲁棒性。Geng等人(2020)进行了相应的实验,迭代学习控制对于重复往返运动的控制系统的影响,满足机械臂工作的快速响应和重复性要求,比较D型迭代学习控制、改进的D型迭代学习控制和PD型迭代学习控制三种学习方法。

(一) 稳定和收敛性问题研究

稳定性是指控制系统跟随迭代过程确保控制对象实际输出不能发散的理念,收敛性是指控制系统跟随迭代过程不断缩小实际轨迹与预期轨迹差距,确保实际轨迹与预期轨迹相重合的理念。迭代学习控制算法的关键在于确保稳定性与收敛性。在此方面,学者有着丰富研究。GhasemiIman(2018)提出了基于滑模的分数阶迭代学习控制方法,将滑模控制器与分数阶迭代学习控制算法相结合,应用于非线性机器人机械臂,相较于传统算法相应速度与收敛能力更强。Yu-Hsiu Lee(2021)提出了嵌套循环迭代学习控制前馈结构,应用工业机器人的减速传动,验证了单输入单输出方法对非线性耦合机器人动力学的有效性。

(二) 鲁棒性和初始值研究

鲁棒有着健壮和强壮的意思,鲁棒性是指运动过程中存在的各类对实际运动作业形成限制,达成相应的条件保证迭代学习控制收敛达到预期的能力,是指能够异常或危险情况下得以系统生存的能力。初始值是指系统初始状态对控制过程收敛性产生的影响。陈建勇(2021)提出了障碍误差跟踪学习控制算法,确保迭代过程中系统轨迹跟踪误差值能够保持在设定范围内,确保系统

状态变量控制在约束区间内,以此提升系统算法的鲁棒性。李国军等(2019)提出了迭代学习初始修正算法,通过求解线性矩阵不等式获得具体矩阵型控制增益,确保系统期望轨迹能够是现在制定区间内得以有效跟踪。

四、结语

综上所述,迭代学习控制是1984年提出的概念,此算法是指通过迭代修正促进控制目标改善的目的,其有着算法简单、不依赖系统的特点,能够在给定时间范围内实现运行轨迹高精度跟踪,适用于进行重复性运动的对象,能够简单方式处理不确定性较高的非线性强耦合动态系统。将此算法应用到机器人控制领域具有重要价值。随着迭代学习控制算的不断拓展,能够为科学技术带来更加光明的前景。迭代学习控制的目的在于减少系统跟踪的误差,通过对整体过程的不断重复性运行,达到完全跟踪期望轨迹的目的,能够在原有控制经验基础上结合测量信息与目标不断修成控制信号,促使被控制对象实现预期运动。

参考文献:

- [1] 张璐茜.未知环境中移动机器人的路径规划算法研究[D].东华大学,2023.
- [2] 冉起帆.摆臂式全向移动机器人设计及轨迹跟踪研究[D].北京建筑大学,2023.
- [3] 郭萍.迭代优化算法的精确性与收敛性权衡[D].广西师范大学,2023.
- [4] 高星.轮式移动机器人轨迹跟踪优化控制及编队研究[D].兰州理工大学,2023.
- [5] 梅立雪.移动机器人运动控制系统设计及控制算法探讨[J].造纸装备及材料,2023,52(03):29-31.
- [6] 叶伯生,谭帅,黎晗等.基于跟踪微分器的移动机器人轨迹规划与跟踪控制研究[J].机床与液压,2022,50(11):1-7.
- [7] 彭述纬.移动机器人轨迹规划和跟踪控制研究[D].北京交通大学,2022.
- [8] 纪伟.基于迭代学习的电力检修机械臂轨迹跟踪控制算法研究[D].福建工程学院,2022.
- [9] 刘晓雨.基于改进迭代学习控制算法的机械臂轨迹控制技术[D].中国石油大学(北京),2021.
- [10] 侯仕杰.复杂环境下移动机器人路径规划算法研究[D].燕山大学,2021.
- [11] 董晓齐.基于性能指标优化的迭代学习控制算法研究[D].江南大学,2018.

基金项目:宁夏回族自治区教育厅高等学校科学研究项目(项目编号:宁夏高校科研项目2022-224)

作者简介:邵华,1985年4月出生,男,硕士研究生学历,讲师。研究方向:智能控制。