

机器人操作系统 (ROS) 课程的项目式教学研究与实践

单泽彪¹ 刘小松¹ 陈广秋¹ 苏成志²

1. 长春理工大学 电子信息工程学院, 吉林 长春 130022

2. 长春理工大学 人工智能学院, 吉林 长春 130022

[摘要]随着机器人技术的飞速发展, 机器人操作系统 (ROS) 已成为机器人研发中的核心技术之一。然而, 传统的教学模式难以满足学生对机器人操作系统知识的实践需求。本文提出了一种基于项目式教学的机器人操作系统课程教学模式, 通过将理论知识与实际项目相结合, 旨在培养学生的实践能力、创新思维和团队协作能力。首先, 阐述了项目式教学的实施策略, 包括课程内容设计、项目选择与实施、教学方法与手段以及团队协作与分工等方面。其次, 通过具体的实践案例, 展示了项目式教学在机器人操作系统课程中的应用效果, 并对教学效果进行了全面评价。研究结果表明, 项目式教学能够有效提高学生的学习和综合能力, 为机器人操作系统课程的教学改革提供了有益的参考。

[关键词]项目式教学; 机器人操作系统; 教学改革; 实践能力

DOI: 10.33142/fme.v6i4.16194

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Research and Practice of Project-based Teaching in Robot Operating System (ROS) Course

SHAN Zebiao¹, LIU Xiaosong¹, CHEN Guangqiu¹, SU Chengzhi²

1. School of Electronic Information Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin, 130022, China

2. School of Artificial Intelligence, Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin, 130022, China

Abstract: With the rapid development of robot technology, Robot Operating System (ROS) has become one of the core technologies in robot research and development. However, traditional teaching methods are difficult to meet students' practical needs for knowledge of robot operating systems. This article proposes a project-based teaching model for robot operating system courses, which combines theoretical knowledge with practical projects to cultivate students' practical abilities, innovative thinking, and teamwork skills. Firstly, the implementation strategies of project-based teaching were elaborated, including course content design, project selection and implementation, teaching methods and tools, as well as team collaboration and division of labor. Secondly, through specific practical cases, the application effect of project-based teaching in robot operating system courses was demonstrated, and the teaching effect was comprehensively evaluated. The research results indicate that project-based teaching can effectively improve students' learning interest and comprehensive abilities, providing useful references for the teaching reform of robot operating system courses.

Keywords: project-based teaching; robot operating system; reform in education; practical ability

引言

在当今科技飞速发展的时代, 机器人技术已成为推动工业自动化、智能服务和科学研究等领域进步的关键力量^[1]。随着人工智能、物联网和大数据等新兴技术的不断融入, 机器人正逐步从传统的工业生产线走向更广泛的应用场景, 如医疗康复、家庭服务、物流配送以及智能安防等^[2-3]。机器人操作系统 (Robot Operating System, ROS) 作为机器人开发的核心技术之一, 为机器人硬件设备的驱动、任务调度、通信交互以及算法实现等提供了强大的支持^[4]。随着机器人应用场景的不断拓展, 对掌握机器人操作系统知识的专业人才的需求也日益迫切^[5]。

在传统的机器人操作系统课程教学中, 往往更注重理论知识的讲解, 学生在学习过程中实践机会较少, 难以将所学理论知识与实际应用有效结合。传统教学模式导致学生在面对复杂的机器人开发任务时, 往往无从下手, 无法有效运用所学知识解决实际问题^[6]。因此, 探索一种能够

有效提升学生实践能力、创新思维和团队协作能力的教学模式, 对于培养适应行业发展需求的机器人技术人才具有重要意义。

项目式教学作为一种以学生为中心、以项目为驱动的教学模式, 近年来在工程教育领域受到了广泛关注^[7]。它把复杂的知识体系拆解成具体的项目任务, 学生在完成项目的过程中, 逐步掌握相关知识和技能。这种教学模式既能激发学生的学习兴趣 and 主动性, 又能培养学生的综合能力, 使其更好地适应未来的职业发展需求。

鉴于此, 本文提出了一种基于项目式教学的机器人操作系统课程教学模式。通过精心设计的项目任务, 引导学生将理论知识应用于实际机器人开发中, 从而实现知识与技能的有机结合。本文将首先介绍项目式教学的实施策略, 包括课程内容设计、项目选择与实施、教学方法与手段以及团队协作与分工等方面。随后, 通过具体的实践案例, 展示项目式教学在机器人操作系统课程中的应用效果, 并

对教学效果进行评价。最后，总结项目式教学在机器人操作系统课程中的应用经验，探讨其面临的挑战与未来发展方向，以期对机器人技术教育的改革与发展提供有益的参考和借鉴。

1 项目式教学的理论基础

项目式教学（Project-Based Learning, PBL）是一种以学生为中心的教学模式，强调通过实际项目来组织和实施教学活动。在该模式下，学生需要在教师的指导下，自主完成一个完整的项目任务。项目式教学核心理念包括以下几个方面：

1.1 以学生为中心

项目式教学强调学生的主动参与和自主学习。学生在项目实施过程中，需要自己进行需求分析、方案设计、任务分解和问题解决。这种教学模式可以极大地激发学生的学习热情，锻炼他们的自主学习能力以及创新思维能力。

1.2 以项目为驱动

项目是项目式教学的核心载体。通过具体的项目任务，学生可以将理论知识与实际应用相结合，更好地理解知识的应用场景和价值。项目的选择应具有一定的难度和挑战性，同时要符合学生的知识水平和能力，确保学生能够在完成项目的过程中逐步提升自己的能力。

1.3 团队协作与分工

项目式教学通常以小组为单位进行，小组成员根据自己的兴趣和特长进行分工协作。通过团队合作，学生可以学会如何与他人沟通、协作和分享，培养团队合作精神和沟通能力。团队协作不仅能够提高项目的完成质量，还能为学生未来的职业发展奠定基础。

1.4 实践与创新

项目式教学注重学生的实践能力和创新能力。学生在完成项目的过程中，需要通过实际操作来验证理论知识的正确性，并在实践中不断发现问题、解决问题。这种教学模式能够培养学生的动手能力和解决实际问题的能力，同时鼓励学生进行创新和探索。

2 机器人操作系统课程的项目式教学实施策略

2.1 课程内容设计

在机器人操作系统课程中，项目式教学的实施需要将课程内容与具体的项目任务相结合。课程内容围绕机器人操作系统的核心知识点展开，如任务管理、通信机制、时间管理和设备驱动等。每个知识点都可以设计成一个具体的项目任务，让学生在完成项目的过程中逐步掌握相关知识。

课程要求设计一个轮式移动机器人系统项目，将操作系统的任务管理、通信机制与时间管理等知识点融入到机器人的路径规划、传感器数据处理以及电机控制等任务中。借助该方式，学生既能掌握理论知识，又能在实践中进一步加深对知识的理解与运用。

2.2 项目选择与实施

项目的选择应具有一定的难度和挑战性，同时要符合学生的知识水平和能力。项目应具有实际应用背景，能够激发学生的学习兴趣 and 积极性。在项目实施过程中，教师需要引导学生进行需求分析、系统设计、代码编写以及调试优化等环节，确保学生能够顺利完成项目任务。

在轮式移动机器人项目中，学生需要完成以下任务：
需求分析：明确机器人的功能需求，如路径规划、避障、轨迹控制等。
系统设计：设计机器人的硬件架构和软件架构，确定各模块的功能和接口。
代码编写：在 ROS 环境下编写机器人的控制程序，实现路径规划、传感器数据处理、电机控制等功能。
调试优化：对机器人进行调试，优化算法和参数，确保机器人能够稳定运行并完成任务。

2.3 教学方法与手段

项目式教学需要采用多样化的教学方法和手段，以提高教学效果。常见的教学方法包括讲授法、讨论法、案例分析法等。同时，利用现代教育技术手段，如在线学习平台、虚拟仿真软件等，为学生提供丰富的学习资源。

在课程教学中，教师通过讲授法向学生介绍机器人操作系统的基本概念和核心知识点；通过讨论法引导学生进行小组讨论，培养学生的团队合作能力和沟通能力；通过案例分析法让学生分析实际项目中的问题和解决方案，提高学生的实践能力和创新思维。

2.4 团队协作与分工

项目式教学以小组为单位进行，小组成员根据自己的兴趣和特长进行分工协作。通过团队合作，学生可以学会如何与他人沟通、协作和分享，培养团队合作精神和沟通能力。

在项目开发过程中，小组成员可以分为硬件设计组、软件编程组和系统测试组。硬件设计组负责设计机器人的硬件架构，包括传感器、电机等硬件设备的选型和连接；软件编程组负责在 ROS 环境下编写机器人的控制程序，实现路径规划、传感器数据处理和电机控制等功能；系统测试组负责对机器人进行调试和测试，优化算法和参数，确保机器人能够稳定运行并完成任务。

3 机器人操作系统课程的项目式教学实践探索

项目式教学即是实现一个完整的工程开发设计项目，按照完整工程项目全过程开发设计流程管理模式进行教学，不仅包含技术类工作的实施（如功能需求分析、方案设计论证、系统设计调试及试验、技术总结报告的撰写等），还包含项目统筹管理能力（组长为项目负责人）以及人员分工协作能力（多人配合完成工程项目）的培养。

3.1 项目需求分析

首先，查阅文献、市场调研，梳理移动机器人的发展历史过程，总结发展现状；其次，根据项目需求，进行系统功能需求分析。同时要求学生组建团队并进行人员分工。

本阶段主要引导学生了解移动机器人系统架构,学习移动机器人控制的基本方法,根据项目需求进行系统的功能需求分析、经济成本和时间要求分析,综合选择确定行驶路径和控制方法。

3.2 方案设计

首先,在明确项目需求后,对系统进行功能需要分析、技术指标确认以及时间、人工、经济等成本预算;其次进行方案设计,总体方案设计以及具体技术路线分析,主要包含控制原理及控制方法选择(PID控制或自抗扰控制等)、系统架构设计(感知系统、决策系统和控制系统等)、硬件模块设计、算法研究以及项目流程管理。特别鼓励学生采用不同原理方案和提出的具有创新性的路径规划及控制方法等。

3.3 系统架构设计

根据设计方案,第一步器件选型,主要涉及传感器选型、控制器选择等,第二步硬件模块组装及调试,第三步 ROS 编程及调试:设计过程中注意不同外部传感器如摄像头、激光雷达或超声波传感器等各自特点,各自接收外部环境信息差别较大,后续的信号处理及数据处理也需要根据传感器的特征来设计。

3.4 算法仿真研究

根据设计方案,系统中所采取的算法(不同是传感器方案或不同的控制算法方案)首先进行仿真研究,验证算法原理的可行性以及在仿真过程中(尽可能模拟实际环境,如模型不确定性、存在外部干扰等条件)的有效性、鲁棒性等。在建立移动机器人模型的基础上,利用 ROS 或 Matlab 软件进行算法仿真验证,根据所选传感器或控制算法进行仿真。

3.5 系统组装与测试

首先验证移动机器人硬件系统的可行性和移动机器人控制的有效性,然后在实验室环境中进行车体行驶测试实验。在做好前期工作的基础上,尤其是在移动机器人控制实验验证后,实车道路实验难度不高。但是控制实验是关键且有较高难度,需要学生大量时间进行调试。本阶段需要全程在实验室进行调试测试,对于测试效果较好的控制系统可去室外进行外场移动机器人测试。

3.6 项目总结报告

文档管理,资料管理,图纸,BOM表等资料管理,并撰写项目总结报告,报告中要求除常规内容之外,过程中的遇到的困难及问题,尤其是提出的创新性的方法、方案或结构设计以及下一步可开展的工作等都需清晰记录。同时在项目总结报告中要体现团队内每个人的任务分工及完成情况。

3.7 路演及 PPT 报告

通过个人演讲或分组演讲,展示所做作品的完成情况,阐述实施过程中遇到的问题和解决方法,学习交流不同原理方案的特点。同时锻炼学生进行学术报告的组织及汇报

能力,教师做好全程点评。

3.8 项目规划及工程伦理

按照工程项目全流程开发设计模式,还需要学习了解整个项目的规划,项目成员之间的协作沟通等。在此过程中教师要做好引导学生在移动机器人项目中的工程伦理方面的意识素养培养。

4 项目式教学效果评价

4.1 项目成果评价

项目成果评价是项目式教学的重要环节。项目成果评价可以从项目的完成度、创新性、实用性等方面进行。例如,检查机器人是否能够按照预期完成任务,是否有独特的设计或优化方案。

在移动机器人项目中,项目成果评价主要包括:完成度:检查机器人是否能够按照预定路径完成控制任务,是否能够有效避障。创新性:检查机器人是否有独特的设计或优化方案,如路径规划算法的优化、轨迹跟踪控制方法的改进等。实用性:检查机器人是否能够稳定运行,是否具有一定的实际应用价值。

4.2 学生能力评价

学生能力评价是项目式教学的另一个重要环节。学生能力评价可以从学生的动手能力、创新能力和团队协作能力等方面进行。例如,观察学生在项目实施过程中的表现,评价其动手能力、创新能力和团队协作能力等。在移动机器人项目中,学生能力评价主要包括:动手能力:检查学生是否能够独立完成硬件搭建、程序编写和系统调试等任务。创新能力:检查学生是否能够提出新的想法或解决方案,是否能够对现有方案进行优化。团队协作能力:检查学生是否能够有效地与团队成员沟通协作,是否能够承担团队分配的任务。

4.3 课程考核方式

课程考核方式是项目式教学的又一个重要环节。课程考核方式可以采用多元化的考核方式,如项目报告、项目演示和期末考试等。项目报告和演示主要考查学生的项目完成情况和表达能力,期末考试则主要检验学生对课程基础知识的掌握程度。在机器人操作系统课程中,课程考核方式主要包括:项目报告:要求学生撰写项目报告,详细介绍项目的实施过程、遇到的问题及解决方案、项目成果等。项目演示:要求学生进行项目演示,展示机器人的运行效果,回答教师和同学的提问。期末考试:通过期末考试检验学生对机器人操作系统基础知识的掌握程度。

5 结语

项目式教学能够激发学生的学习兴趣 and 主动性,培养学生的创新思维 and 实践能力,为学生未来的职业发展奠定基础。采用项目式教学方法,学生不仅可以深入理解机器人操作系统的重点知识,还能提升解决实际问题以及团队协作的能力。然而在实施项目式教学的过程中,也遇到了

一些挑战：如教师能力要求高、教学资源不足或学生基础差异大等。针对这些挑战，学校和教师需要采取相应的应对措施，如加强教师培训、加大实验室建设投入以及实施分层教学等，以确保项目式教学的顺利实施。总之，项目式教学在机器人操作系统课程中的应用具有重要的现实意义和广阔的发展前景，通过不断探索和实践，项目式教学模式将为培养适应行业发展需求的机器人技术人才提供有力支持。

基金项目：吉林省教育科学“十四五”规划2022年度一般课题“面向新工科机器人技术类课程体系及教学实践研究（GH22555）”。

[参考文献]

[1] 吴洪涛, 蒋天宇, 常天佐, 等. 中国机器人产业现状与创新发展趋势综述 [J]. 机械制造与自动化, 2025, 54(1): 1-6.
[2] 马晨, 苏易衡, 张紫钰, 等. 全向移动式智能安防机器人 [J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(7): 94-98.

[3] 施杰洪, 王宁华. 机器人技术在康复医学领域的应用现状与进展 [J]. 机器人外科学杂志 (中英文), 2024, 5(6): 1154-1166.

[4] 李延祺, 佟琨, 任涛, 等. 机器人操作系统设计与优化技术 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2022, 22(3): 3-7.

[5] 韩竺秦, 龙迎春, 刘文秀. “三全育人”视域下机器人操作系统课程实践教学与探索 [J]. 高教学刊, 2025, 11(1): 34-37.

[6] 单泽彪, 刘小松, 陈广秋. 面向新工科的机器人技术类课程体系的构建与实践探索 [J]. 现代教育前沿, 2025, 6(3): 16-18.

[7] 彭岷, 刘惠, 徐世中, 等. 聚焦能力交付的跨学科项目式课程群的研究与实践 [J]. 高等工程教育研究, 2024(5): 69-75.

作者简介：单泽彪（1986—），男，副教授，博士，长期从事机器人技术方面的教学和研究工作，研究方向：机器人感知与控制技术。