

仿生交叉学科创新型人才的多维度培养模式探究

——以《仿生机器人》辅修专业课程教学为例

俞志伟

南京航空航天大学机电学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年11月3日; 录用日期: 2024年12月3日; 发布日期: 2024年12月11日

摘要

本文面向《仿生机器人》辅修专业课程, 该课程集机械工程、电子科技、控制理论、自动化技术与计算机科学等多学科的知识与技术于一体。该课程面向具有不同专业和学科背景的本科生开放, 基于课程学生专业背景和仿生机器人研究特点, 构建多维度本科生教学培养模式, 将在课程的基础与前沿、理论与实践、硬件与软件、自学与分享四个维度进行教学实践与评估, 促进学生在教育与科研中实现知识和技能的互补, 激发学生的创新思维和协作能力, 结合仿生交叉学科特点, 最终目标是培养仿生交叉学科创新型人才, 为新人工智能时代提供仿生机器人专业人才资源储备。

关键词

本科教学, 仿生交叉, 创新型人才培养, 多维度培养模式

Research on Multi-Dimensional Training Mode of Bionic Crossover Innovative Talents —Taking “Bionic Robot” Minor Course Teaching as an Example

Zhiwei Yu

College of Mechanical & Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu

Received: Nov. 3rd, 2024; accepted: Dec. 3rd, 2024; published: Dec. 11th, 2024

Abstract

This topic is oriented to the minor program of Bionic Robot, which integrates the knowledge and

technology of multiple disciplines, such as mechanical engineering, electronic technology, control theory, automation technology, and computer science. The course is open to undergraduate students with different professional and disciplinary backgrounds. Based on the professional background of the students in the course and the characteristics of bionic robotics research, we will construct a multi-dimensional undergraduate teaching and training model, which will carry out the teaching practice and assessment in the four dimensions of the course, namely, the foundation and the frontier, the theory and the practice, the hardware and the software, and the self-study and the sharing, and will promote students to realize the complementarity of knowledge and skills in the education and the scientific research and stimulate the innovation and collaboration ability, combined with the bionic cross-cutting knowledge and technology. The ultimate goal is to cultivate innovative talents in bionic cross-discipline and to provide bionic robotics professionals with a reserve of talent resources for the new artificial intelligence era.

Keywords

Undergraduate Education, Bionic Crossover, Innovative Talent Development, Multidimensional Training Model

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国家工业与信息化部发布的《人形机器人创新发展指导意见》明确了到2025年初步建立人形机器人创新体系的目标，旨在关键技术领域取得突破，特别是在“大脑、小脑、肢体”等核心技术上，并推动实现人形机器人的批量化生产[1]。该文件指出，人形机器人不仅是科技竞争的新高地，也是未来产业的新赛道和经济发展的重要引擎，具有广阔的发展潜力和应用前景。因此，相关政策对人形机器人技术的发展给予了高度评价。

从技术层面上来看，人形机器人属于仿生机器人技术的范畴，后者是基于仿生学科交叉背景的前沿研究领域，旨在模拟自然界生物的结构和功能。仿生机器人技术已经成为国际机器人研究的热点，不仅推动了传统机器人技术的革新，还在多个领域展现出广泛的应用前景，包括医疗、救灾、军事和工业等领域[2]。这些机器人技术的核心理念在于通过对生物运动机制的模仿，实现更高效的运动能力与环境适应性。

国际上，多个国家均在仿生机器人领域投入了大量资源，取得了显著的研究成果和高技术产品。例如，美国麻省理工学院计算机科学与人工智能实验室开发出一种名为“So Fi”的仿生软体机器鱼[3]，凭借其卓越的运动能力和适应性，在全球范围内得到了广泛的关注。与此同时，德国著名自动化技术厂商费斯托公司推出一款名为“Bionic Wheel Bot”的新型仿蜘蛛机器人，由于较强的地形适应性和仿生性，该机器人有望应用于农业、探测以及战场侦查等领域。这些设计灵感均来源于自然界的生物模型，充分体现了仿生技术的精髓。美国加州大学伯克利分校利用仿生学原理制造出了世界上第一只能飞翔的“机器蝇”[4]，该校研究人员利用一种类似玻璃纸的聚酰亚胺为原料，制造出了仿生翅膀。德国费斯托公司基于对狐蝠翅膀的独特研究，开发出一款仿生狐蝠无人机“Bionic Flying Fox”，具有超轻便、强功率的特性，能够满足出色的空气动力学原理且灵活度实现最大化。这些机器人不仅展示了先进的技术水平，也为未来的仿生机器人研究提供了宝贵的参考。

2. 培养仿生交叉学科创新型人才存在的问题

国外仿生机器人的发展与人才储备息息相关，也反映了教育水平和人才培养模式有效性。顺应新时代提出的“新质生产力”，本科生作为国家基础性人力资源和高技术人才，如何培养本科生创新能力，成为本科生教育亟待解决的问题[5]，同时为解决行业发展、市场需求、人才培养之间的矛盾问题[6][7]，提出了仿生交叉学科创新型人才的培养模式研究项目[8]-[10]。目前国内关于《仿生机器人》课程较少，与实际时代需求不一致，涉及的内容主要围绕工业机器人范畴，普遍与实际仿生机器人应用技术相脱节，核心问题在于理论与实践不统一，课程的创新性思维不突出，且国际性视野不够长远等问题。因此，该课程需与时代背景相融合，与时俱进地推进《仿生机器人》的课程教学，有利于培养仿生交叉型创新性人才，为新人工智能时代提供专业人才资源。

3. 《仿生机器人》课程改革创新

在国内，仿生机器人技术虽起步较晚，但近年来发展迅速。南京航空航天大学仿生研究团队在仿壁虎机器人技术领域进行长期研究，不仅成功实现了机器人在多种复杂的垂直墙面和天花板行走功能，还在仿生材料和动力学模拟方面取得了显著成就。该研究不仅增强了国内在该领域的科研水平，也促进了相关技术的国际合作和交流。《仿生机器人》课程，集机械工程、电子科技、控制理论、自动化技术与计算机科学等多学科的知识与技术于一体。该课程面向具有不同学科背景的本科生开放，促进学生在教育与科研中实现知识和技能的互补，激发学生的创新思维和协作能力，属于跨学科范畴。基于课程学生专业背景和仿生机器人研究特点，构建多维度本科生教学，将在课程的基础与前沿、理论与实践、硬件与软件、自学与分享四个维度进行教学实践与评估，最终目标是培养仿生交叉科学创新型人才，在当前全球技术创新快速发展的背景下不仅能在其学科领域内展现出深厚的理论知识，还能在国际科研舞台上对实际问题提出创新解决方案，培养的本科生将能够独立发现问题、创新性地运用科学方法解决问题，具备高度的专业技能和创新能力。

4. 仿生交叉学科创新型人才的模式探究

我国正大力倡导开展“科教结合、协同创新”的人才教育改革，面向国际前沿领域，急需优秀创新人才培养，推进技术革新，推动新质生产力发展，通过《仿生机器人》创新教育教学模式，引导并培养本科生的创新意识，推动我国具备新质生产力人才教育事业快速发展。

根据课程需求，构建一个全方位、多层次的仿生机器人技术本科生教学体系，培养能够自主进行科学研究并解决实际问题的创新型人才。在相关教学内容上，提出仿生交叉学科多维度本科生教学，分别从基础与前沿、理论与实践、硬件与软件、自学与分享这四个维度进行教学与评估，见图1。

仿生交叉学科多维度本科生教学，主要从四个维度进行教学与评估，具体开展思路、过程与方法如下：

(一) 基础与前沿。该维度的核心是让学生掌握机器人技术的基础同时，了解并跟进仿生机器人领域的最新科研进展。结合南航仿生团队在仿生机器人技术的研究成果，开展具体推进本课程教学，具体内容如下：

- 1) 基础知识讲授：覆盖机器人学的基本原理，如机器人动力学、控制理论和传感技术。
- 2) 前沿技术介绍：定期邀请仿生机器人领域的国内外专家进行客座讲座，介绍如仿生机器人技术、多模态运动控制策略等方面的最新研究。
- 3) 高水平期刊文献的案例分析：分析机器人的顶级期刊《Science Robotics》关于仿生机器人研究案例，开展小组研讨与交流思考，探求关于仿生机器人研究创新点，开拓学生创新思路。

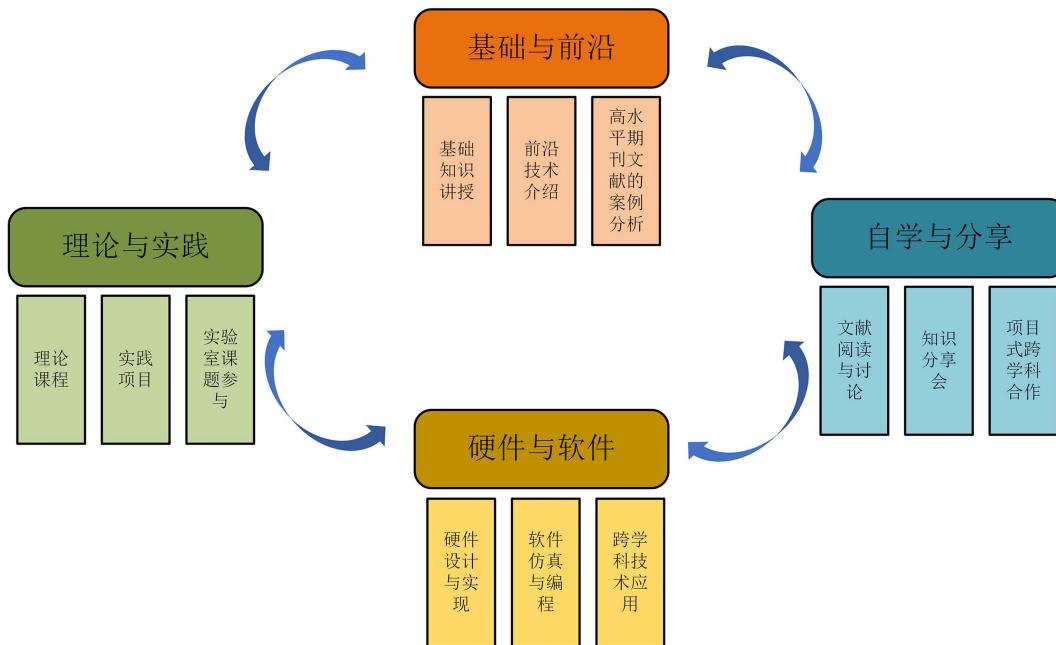


Figure 1. Research ideas on the model of bionic interdisciplinary multi-dimensional undergraduate teaching and innovative talents

图 1. 仿生交叉学科多维度本科生教学与创新型人才的模式探究思路

(二) 理论与实践。该维度旨在增强学生的实际操作能力和实验技能, 通过以下方式实现:

- 1) 理论课程: 涵盖仿生机械设计、传感器集成和运动控制系统的开发。
- 2) 实践项目: 学生将参与到仿壁虎机器人等实际项目中, 从设计、组装到测试全过程参与, 增强解决实际问题的能力。运用设计和运动控制结合策略, 使学生能够直观理解理论在实际中的应用。
- 3) 实验室课题参与: 鼓励学生在指导教师的实验室内进行科研实践, 参与到国家级科研项目中, 建立全局式眼光, 掌控项目运行方式, 提高科研实践能力。

(三) 硬件与软件。该维度强调软硬件知识与技能的融合应用, 具体包括:

- 1) 硬件设计与实现: 教授学生如何设计和实现机器人硬件系统, 包括机械结构和电路设计等基础知识与技能。
- 2) 软件仿真与编程: 使用 Matlab 和 ADAMS 等软件进行仿真, 训练学生在软件环境中模拟机器人运动, 理解和优化机器人结构设计与运动控制。
- 3) 跨学科技应用: 依托多学科背景学生组成科研小组, 开展结合计算机视觉、人工智能等领域知识, 提高仿生机器人的人工智能功能和运动性能, 认识多技术融合的重要性。

(四) 自学与分享。该维度旨在培养学生的独立研究能力和终身学习的能力, 通过以下活动实施:

- 1) 文献阅读与讨论: 学生定期阅读和讨论当前仿生机器人领域的高水平期刊文章, 以促进批判性思维培养和深入理解仿生机器人未来发展趋势。
- 2) 知识分享会: 学生准备并进行课堂主题报告, 分享其在文献阅读或项目实践中的知识和经验, 鼓励知识共享和交流。
- 3) 项目式跨学科合作: 组建以机械、电子、控制等多学科背景学生为合作团队, 开展仿生机器人系统化分工协作活动, 融合跨学科思想交流理念, 提出创新性思维与解决问题方法, 培养综合性创新性人才。

5. 仿生交叉学科创新型人才模式实施效果

经过连续 5 学年《仿生机器人》本科生课程教育实践, 课程教育团队实施相关教学措施, 本科生对机器人顶级期刊《Science Robotics》中仿生机器人研究案例进行深入分析, 学生通过课堂汇报形式分享了高水平期刊文献的创新点和实现方式, 提出了进一步完善的建议, 了解了未来仿生机器人的前沿技术, 学生参与积极, 相关的数据已经积累了 5 年, 具有一定的成效, 获得了学生们的认可, 提高了学生对仿生机器人国际前沿领域的最新发展分析能力, 为进一步开展国际型创新性人才培养与教学改革奠定前期基础。

本科生初步具备了相关的研究创新课题能力, 课程在实施过程中重点获取如下效果:

- 1) 创新型人才培养机制: 在基础知识和技能学习中, 拓展自我学习能力, 面向国际前沿的高水平论文, 开展批判性创新思维培养, 多维度的教学和评价有效为创新性人才培养提供新的方法, 跨学科交流促进交叉学科领域的发展, 为未来从事交叉学科发展的创新型人才提供培养思路;
- 2) 国际型人才培养机制: 围绕国际前沿研究领域的知识, 开展讲座、交流和团队项目实践, 深入参与国际合作项目的研究, 提升国际视野能力, 全方面多角度思考和解决目前仿生机器人发展中的关键核心问题;
- 3) 交叉型人才培养机制: 仿生交叉型组建项目式仿生机器人科研实践团队, 从仿生机器人机械、电子、控制等方面协作开展研究, 培养面向仿生机器人系统性工程的综合型人才, 解决人才单一且全局统筹能力差问题, 为仿生机器人的进一步快速发展提供综合交叉型人才培养机制。

6. 结语

通过《仿生机器人》课程改革, 构建一个全方位、多层次的仿生机器人技术本科生教学体系, 培养能够自主进行科学研究并解决实际问题的创新型人才。本课程创新之处:

- 1) 教学内容的跨学科整合: 将机械、电子、控制与计算机科学等多学科知识融入一个课程体系;
- 2) 实践与理论并重的教学方法: 结合理论教学与实际操作, 提高学生的实操能力和问题解决能力;
- 3) 国际化的教学视角: 通过国际合作项目, 为学生提供接触国际前沿科技的机会, 增强其全球竞争力。

结合国外教育教学经验, 仿生机器人技术的研究与应用对于推动 STEM (科学、技术、工程和数学) 教育具有重要的示范效应, 能够激发学生对科技的兴趣和创新思维, 对教育领域和高技术产业的发展均具有深远的影响。因此, 按照本文内容实施, 不仅可以培养具备高水平科研能力和国际视野的本科生, 也能够为国家的仿生交叉科技进步和高新技术产业发展做出重要贡献。

基金项目

2024 年度南京航空航天大学研究生教育教学改革研究项目“跨学科多维度研究生教学培养国际前沿创新型人才的模式研究”(2024YJXGG23); 2024 年度南京航空航天大学研究生教育教学改革专项(优质教学资源建设)项目“仿生机器人空间应用技术”(2024YJXGG-B10)。

参考文献

- [1] 工信部网站. 工信部印发《人形机器人创新发展指导意见》[J]. 信息技术与标准化, 2023(11): 5.
- [2] 王聪聪, 钟新龙, 高旖蔚, 等. 人形机器人发展机遇与挑战并存[J]. 软件和集成电路, 2024(7): 74-84.
- [3] Salazar, J., Cai, L., Cook, B. and Rus, D. (2022) Multi-Robot Visual Control of Autonomous Soft Robotic Fish. 2022 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles Symposium (AUV), Singapore, 19-21 September 2022, 1-6. <https://doi.org/10.1109/auv53081.2022.9965882>
- [4] 门宝, 范雪坤, 陈永新. 仿生机器人的发展现状及趋势研究[J]. 机器人技术与应用, 2019(5): 15-19.

-
- [5] Sakagami, Y., Watanabe, R., Aoyama, C., Matsunaga, S., Higaki, N. and Fujimura, K. (2002) The Intelligent ASIMO: System Overview and Integration. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Lausanne, 30 September-4 October 2002, 2478-2483. <https://doi.org/10.1109/irds.2002.1041641>
 - [6] 冯荣光. 新工科背景下本科生创新创业能力培养模式探索——以广州大学机械与电气工程学院为例[J]. 创新创业理论研究与实践, 2019, 2(21): 90-91.
 - [7] 王永光, 陈再良, 寇青明, 等. 面向新工科的机械工程本科生科研创新能力培养[J]. 教育现代化, 2019, 6(60): 4-6.
 - [8] 杨锡军, 颜兵兵, 陈思羽, 等. 机械工程专业本科生科研创新能力培养模式的研究[J]. 佳木斯大学社会科学学报, 2019, 37(1): 180-181.
 - [9] 刘焱, 关山, 张海波, 等. 以提升实践与创新能力为目标的机械专业人才培养模式[J]. 高教学刊, 2020(22): 34-36.
 - [10] 杨小龙, 何美丽, 刘恩辰. 机械类专业创新创业型人才培养模式的探索[J]. 科技视界, 2019(26): 113-114.