

基于知识融合的“以赛促学”教学改革研究

於立杰 黄海博 王小强
新疆工程学院，新疆 乌鲁木齐 830023

[摘要]针对庞杂的和快速增长的机器人赛事项目，如何用来更好的促进机器人创新人才的培养，是一个需要解决的重要问题，因此，文章主要针对机器人专业竞赛进行整理，分类，并提取知识共性部分进行教学最小元素拆解，并建立知识图谱，最后为如何将竞赛知识元素融入教学，提供教学实施建议，为教学人员和参赛队伍提供参考。

[关键词]知识图谱；机器人；竞赛；教改

DOI: 10.33142/fme.v6i8.17542 中图分类号: G642 文献标识码: A

Research on Teaching Reform of "Promoting Learning through Competition" Based on Knowledge Fusion

YU Lijie, HUANG Haibo, WANG Xiaoqiang
Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi, Xinjiang, 830023, China

Abstract: In response to the complex and rapidly growing robot competition projects, how to better promote the cultivation of innovative talents in robotics is an important problem that needs to be solved. Therefore, this article mainly organizes, classifies, and extracts knowledge commonalities from robot professional competitions to break down the minimum teaching elements and establish a knowledge graph. Finally, it provides teaching implementation suggestions on how to integrate competition knowledge elements into teaching, and provides reference for teaching personnel and participating teams.

Keywords: knowledge graph; robot; competition; educational reform

引言

随着人工智能技术的发展，可独立完成任务的自主智能机器人成为社会研究热点^[1]，而自主智能机器人的创新人才培养作为我国国力发展的重要战略资源^[2]，引发的关注度不如自主机器人本身的研究。机器人专业具有典型的“新工科专业”特点——多学科交叉融合，高校作为创新人才培养的主体，在专业建设和课程体系设计中也面临了相应的挑战。如何弥补机器人产业发展带来的行业人才需求激增^[3]。面向庞杂的和快速增长的机器人赛事，如何促进创新人才培养是目前需要解决的重要问题。

目前相关的教学改革研究偏向于“以赛促学”价值理论、方法论探索、实验平台建设、专业体系构建的角度进行阐述^[4-7]，基于上述机器人专业“以赛促学”的推动现状以及存在的问题，本文将从具体实施过程进行总结研究，其中包括：（1）通用的比赛赛项有哪些；（2）赛项涉及的连贯性知识有哪些；（3）课程体系创建，相关的实验如何支撑，（4）“以赛促学”教学案例融合后实施评价。从而实现将学科竞赛的知识元素应用于具体实践教学过程，从而为高校机器人专业创新人才培养提供一套解决方案。

1 机器人专业竞赛的四种分类

研究范围根据纳入机器人竞赛指数的大学生竞赛清单，在第4轮指数覆盖25项机器人竞赛如下表1所示。

表1 全国机器人相关竞赛项目

序号	竞赛名称	序号	竞赛名称
1	“西门子杯”中国智能制造挑战赛	14	世界机器人大赛
2	RoboCom 世界机器人开发者大赛	15	世界技能大赛
3	RoboCup 机器人世界杯	16	世界技能大赛中国选拔赛
4	国际水中机器人大赛（改名国际先进机器人及仿真技术大赛）	17	圆梦天使杯国际空中机器人大赛
5	国际自主智能机器人大赛	18	中国高校智能机器人创意大赛
6	全国大学生机器人赛 Robocon	19	中国工程机器人大赛暨国际公开赛
7	全国大学生机器人赛 RoboMater	20	中国机器博弈竞赛
8	全国大学生机器人大赛 RoboTac	21	中国机器人大赛（RobCup 机器人世界杯中国赛）
9	全国大学生水下机器人大赛	22	中国机器人及人工智能大赛
10	全国大学生水下机器人学科竞赛	23	中国教育机器人大赛
11	全国机器人技能竞赛（改名国际青年人工智能大赛）	24	中国研究生机器人创意大赛
12	全国三维数字化创新设计大赛（机器人赛项）	25	中国智能机器人格斗及竞技大赛
13	全国职业院校技能大赛		

针对上述赛事进行总结,其中大多赛事都包含多个赛项,根据学科和知识的相似性将机器人比赛的赛项大致分为 4 种赛道:创意型、虚拟仿真型、任务应用型、竞技对抗型。通过收集查阅 25 个赛事的相关文件,将上述的比赛赛事分别对应到 4 类赛道中如下表 2 所示。

1.1 创意型赛道知识融合

针对创意赛道,该赛道通常旨在培养人才的创造能力与研发能力,对标产品经理与研发工程师,涉及的方向包括但不限于智能硬件、软件研发、数字建模仿真、人工智能、智能产线、机器人等等具有自由探索的方向,每年也会根据时代背景来设定相应的主题,例如智慧生活、节能、精益智造等等。比赛流程通常是:提交作品的设计方案+原型机展示+测评+答辩的形式,相同分数参赛队需要提交一些专利、论文等佐证材料作为创新型加分项。参赛者通常在上述的范围内,确定研发项目,完成市场调研、创意设计、产品设计、产品研发、原型机制作等,具体比赛资料提交清单有:作品说明书,作品介绍,动画演示,其余作品支撑资料。

创意型作为主赛项目的有:1 西门子杯、12 全国三维数字化创新设计大赛、14 世界机器人大赛、18 中国高校智能机器人创意大赛、24 中国研究生机器人创意大赛等,另外很多比赛都包含创意型的专项赛,所以该赛道的比赛覆盖性较广,适合工科类院校,或者涵盖设计类专业高校学生参与,可以提升学校专业以及学科竞赛指数。下表 3 为该赛道往届题目所涉及的学科领域、相关课程,以及较强关联知识元素。

1.2 虚拟仿真型赛道知识融合

针对虚拟仿真赛道,该项赛事通常旨培养学生综合分析、方案设计、软件模拟、生产优化、算法设计、过程实施、异常处理等模拟仿真环境下的解决任务的能力,以智能制造领域行业应用为背景,例如电梯仿真、行人疏散、

车间排产调度、算法运用、工艺优化、工程方案设计与实施等等,但不限于数控机床、航空航天、轨道交通、机车、船舶和能源装备等产业链优质行业,比赛在线下进行,使用主办方提供的软件或者开源平台,学生需要根据要求自主搭建比赛环境。官网会提供相关下载链接和资料。

提交仿真作品的赛事归纳到创意赛道而非虚拟仿真型,原因是虚拟仿真赛道需要选手在一个共同范围下进行比赛,不像创意型设计广度过大。相同赛事里的不同赛项其仿真比赛的机器配置和仿真环境会有不同,教学软件根据需要进行选择。另外以上比赛官方会提供交流群以及公众号,如在竞赛文件中没有明确指明使用的软件时,其使用和下载教程会在交流学习群中提供,通常是合作企业开发的仿真软件。高校在开发课程时,根据办校特色或以往参与过赛项等情况,选择适合的实践教学软件。下表 4 为该赛道往届竞赛题目所涉及的学科领域、相关课程,以及较强关联知识元素。

1.3 任务应用型赛道知识融合

针对任务应用型赛道,该赛道借助任务以及生活场景形式来考察参赛学员解决问题的能力,培养我国自主智能机器人研发和应用的人才,该赛项竞赛项目数众多,通常以仿人型、轮型、仿生型、VEX 型、无人机型等实体比赛为载体,需要智能机器人完成一系列的任务,任务题材涉及的方向智慧农业、巡检、搜寻、救援、工业、体育、艺术、U 型障碍等等场景较广,每年会有更新和不同,需要机器人具有较强的环境交互感知、导航、通讯、姿态控制、智能算法、动作执行、运行稳定等能力。

其涉及的学科领域、相关课程以及知识元素,是在上面虚拟仿真赛的内容上,增加了硬件类部分,更侧重于机械结构,控制工程、电气工程、视觉检测、测试、为了更全面的覆盖比赛中常见的技术环节,各种资源和技术总结如下表 5 所示。

表 2 涉及不同类型赛道的赛事组合

创意赛道	1、2、3、4、8、10、12、14、16、18、20、21、22、23、24
虚拟仿真赛道	1、2、3、4、5、8、21、22
任务应用型赛道	2、3、4、5、6、8、9、11、13、14、16、17、19、21、22、23
竞技对抗型赛道	3、4、6、7、8、20、21、22、25

表 3 创新型赛道涉及的知识元素

学科领域	相关课程	知识元素
机械工程	机械设计、机械制造、机械原理、创新设计理论	机械结构设计、材料加工工艺
设计与艺术	工业设计、用户交互设计、产品设计	产品外观设计、用户体验研究、视觉传达设计
计算机科学	程序设计基础、数据结构与算法、操作系统、计算机网络	编程语言(如 C++、Python)、算法设计、网络协议、系统集成
自动化	控制理论、嵌入式系统、传感器技术	自动控制算法、传感器使用、嵌入式开发、电机控制
人工智能	机器学习、深度学习、模式识别、计算机视觉	神经网络、图像处理、自然语言处理、数据分析
电气工程	电路分析、自动控制原理、电机与电力电子技术	电路设计、控制系统、信号处理、传感器技术

表 4 虚拟仿真型赛道涉及的知识元素

学科领域	相关课程	知识元素
计算机科学与技术	编程与算法、计算机图形学、软件工程	编程（Python、C++）、算法设计、图形渲染、3D 建模
控制科学与工程	控制系统、自动控制原理、现代控制理论	PID 控制、模糊控制、最优控制、运动控制系统
机械工程	机器人学、机械设计、运动学与动力学	机器人学、运动规划、环境建模
电气工程	电路设计、传感器技术、嵌入式系统	传感器与感知、传感器数据处理、实时监测
信息与通讯工程	通信网络、信号处理、数据传输	网络协议、无线通信、数据传输
航空工程	飞行控制、多智能体系统、无人机技术	多机器人协作、任务分配、通信协调
人工智能	机器学习、深度学习、计算机视觉	神经网络、图像处理
机器人学	机器人控制、传感器与执行器、路径规划	路径规划（A*算法、Dijkstra 算法、动态规划）
异常处理与系统鲁棒性	故障检测、系统恢复、鲁棒性设计	异常处理

表 5 任务应用型赛道的技术栈

类别	技术/工具
控制部分	STM32, Arduino, Raspberry Pi, ESP32
操作系统	ROS (Robot Operating System), Arduino IDE, Raspberry Pi OS, Ubuntu, Windows
开发语言	C/C++, Python, Java
视觉库	OpenCV, Dlib, PCL (Point Cloud Library), YOLO, TensorFlow Object Detection API, PyTorch Vision
传感器	摄像头, 激光雷达, 超声波传感器, IMU (惯性测量单元), RGB 相机, 热释电传感器, 红外测距传感器, GPS, RFID, 陀螺仪
路径规划	A*, RRT (Rapidly-exploring Random Trees), Dijkstra, Potential Field Method, Dubins Path
机器学习库	TensorFlow, PyTorch, Keras, Scikit-Learn, XGBoost
通信协议	MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), CAN (Controller Area Network), RS232/RS485, Wi-Fi, Bluetooth
硬件平台	Jetson Nano, BeagleBone, ESP32, NVIDIA Jetson TX2
仿真软件	Gazebo, V-REP (CoppeliaSim), Webots
数据处理	Pandas, NumPy, SciPy, Matplotlib, Seaborn
云服务	AWS (Amazon Web Services), Google Cloud, Azure
控制系统	PID 控制器, 模型预测控制 (MPC), LQR (Linear Quadratic Regulator)
数据传输	USB, Ethernet, Zigbee, LoRa
电源管理	LiPo 电池, 电源管理模块
机械结构	3D 打印部件, CNC 加工件, 伺服电机, 步进电机
人机交互	触摸屏, 语音识别, 图形用户界面 (GUI)

1.4 竞技对抗型赛道知识融合

该赛道通常以格斗、博弈、运动竞技为题材，双方机器人进行互搏。得分、血量、用时等条件为最终输赢判定依据。该赛事分全自主机器人和无线遥控机器人两种，竞技过程以随机事件为主，对机器人状态和规则代码编写较为苛刻，更加强调设备之间通讯交互，高度智能同时保证稳定运行。考察队伍设计能力；编程技巧；现场应变能力；同时在遥控部分还要关注机器人的战术策略和团队协作能力，经费要求较高。

该竞技对抗型赛道，全自主机器人方面智能型要求更高，除了上述的仿真型、任务型知识内容以外还会涉及游戏 AI 和一些前沿的知识和研究理论，而遥控机器人则需要遥感、战术规则、对抗策略等团队协作，下表 6 是除上述提到以外扩展的知识元素。

竞技对抗型比赛，通常对机器人有一定要求，并不是说一定要加入上述表 6 复杂课程，官方会提供机器人购置渠道，里面会提供软硬件组装、帮助等文档。参赛队伍需要对机器人进行改装，使其更适用于比赛协作，所以同样适用于本科组。

2 总结和建议

针对庞杂的和快速增长的机器人赛事项目进行了总结分类，划分为：创意、虚拟仿真、任务应用、竞技对抗 4 种类型，并为每种类型建立知识图谱。

对于机器人专业方向建设，尽量从传统的机器人向自主智能型机器人迁移，参考高校机器人竞赛指数以及学科评估数据，结合当地企业就业需求，办学特色，学情等条件优势，优先选择自身相关的比赛展开实践课程训练，优先选择有融合案例和实训流程的教材。

表 6 竞技对抗型机器人涉及前沿知识

研究领域	前沿知识与理论	应用与内容
博弈论	Nash 均衡、合作与非合作博弈	智能体策略制定、零和非零博弈
强化学习	多 Agent 强化学习 (MARL)、Q-Learning	协作与竞争策略学习
分布式人工智能 (Distributed AI)	分布式任务协作、信息共享机制	无人机编队、集群机器人系统
智能体间通信协议	FIPA 协议、KQML	高效与鲁棒的信息交换
任务分配与调度	动态任务分配、集中与分布式调度优化	多机器人任务协作与负载管理
合作与协调策略	冲突解决、资源共享	提升系统效率和协调能力
复杂网络	网络拓扑设计、连通性与鲁棒性分析	通信与信息共享网络设计
分布式优化	分布式优化技术	实现全局目标最大化, 如电网控制、智能交通系统

实践教学设施基础平台建设可参考上述相关学科的知识元素。

评价指标和大赛的考核要求尽量一致, 坚持成果 (项目完成度) 导向, 能力 (解决实际问题能力) 输出为主, 其次坚持内部竞技优胜劣汰, 作品迭代优化, 比如最短完工时间, 最小成本消耗等等。

采用模块化的机器人套件, 成套的组件能快速帮助学生投入兴趣, 降低难度, 展开工作, 使用参考文献中相关比赛官网链接可查询指导资料。

基金项目: 新疆工程学院 2023 年校级专项教学改革, XJGCJGB202303。

[参考文献]

- [1]李琼,张莹,张春,等.视觉感知和步态控制——国际自主智能机器人大赛 U 型赛算法综述[J].国外电子测量技术,2023,42(4):56-65.
- [2]刘甲甲,马忠丽,袁建英,等.基于竞赛知识元素引入的机

器人工程专业科技创新实践体系构建——以成都信息工程大学为例[J].西部素质教育,2023,9(7):166-169.

[3]刘源,解芳,周宏胭,等.地方应用型本科院校机器人工程专业课程体系建设初探[J].科技风,2023(17):35-37.

[4]Xiaohong L, Jianjun G, Li Z. Promoting primary school students' creativity via reverse engineering pedagogy in robotics education[J].Thinking Skills and Creativity,2023,49(9):22-28.

[5]陈硕千,马蓉.一种基于竞赛的采摘机器人设计[J].信息技术与信息化,2022(12):195-198.

[6]马新玲.基于科教融合、以赛促学的精益化人才培养探索与实践[J].力学与实践,2021,43(3):463-467.

[7]Chen D ,Li Z ,Wang T .Exploration and practice: A competition based project practice teaching mode[J].Mechatronics,2014,24(2):128-138.

作者简介: 於立杰 (1990—), 男, 讲师, 硕士, 主要研究方向为数字化制造、机器人控制。