

DOI: 10.19816/j.cnki.10-1594/tn.2020.01.116

“新工科”模式下无人驾驶教学实验平台实践与探索*

周浩然¹, 俞挺挺¹, 郑朋¹, 许易冲¹, 徐雁飞², 周睿¹, 周庆国¹

(1. 兰州大学信息科学与工程学院 兰州 730000; 2. 吉林微思智能科技有限公司 长春 130000)

摘要:“新工科”是我国为了主动应对新一轮科技革命与产业变革,支撑服务创新驱动发展的新教育发展策略。对于高校而言,“新工科”的意义在于将新兴技术与传统工科融合,用产业界的实践方案或经验解决传统教学方法中过于注重理论而轻视实践的问题。介绍了兰州大学基于“新工科”模式在嵌入式综合实验平台-无人驾驶教学实验平台上开展的教学实践与探索。实践表明本团队的工作对于高校开展人工智能等多学科交叉的教学实践是有效且值得推广的。

关键词: 无人驾驶;新工科;实验平台;高校教育;人工智能

中图分类号: TP242;G642

文献标识码: A

国家标准学科分类代码: 520

Practice and exploration of autonomous driving teaching experiment platform under the mode of Emerging Engineering Education

ZHOU Haoran¹, YU Tingting¹, ZHI Peng¹, XU Yichong¹, XU Yanfei², ZHOU Rui¹, ZHOU Qingguo¹

(1. School of Information Science and Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

2. Venus Intelligent Co., Ltd., Changchun 130000, China)

Abstract: Emerging Engineering Education is a new education development strategy for China to actively respond to a new round of scientific and technological revolution and industrial change, and support the development driven by service innovation. For colleges and universities, the significance of Emerging Engineering Education lies in the integration of new technology and traditional engineering, using the practical schemes or experience of the industry to solve the problem that traditional teaching methods pay too much attention to theory but despise practice. This paper introduces a variety of teaching and embedded experiment platforms at Lanzhou University. They are inspired by Emerging Engineering Education and focusing on the topic of autonomous driving. These platforms have been practically utilized in related courses. The practice shows that our work is effective and is worthy of popularizing for colleges and universities.

Keywords: autonomous driving; Emerging Engineering Education; experiment platform; college education; artificial intelligence

*基金项目: 国家自然科学基金(61402210);教育部-中国移动科研基金(MCM20170206);兰州大学中央高校基本科研业务费专项(lzujbky-2019-kb51和lzujbky-2018-k12);国家电网公司科技(SGGSKY00FJJS1800403、522722160071)项目资助

周浩然, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机视觉、无人驾驶。E-mail: zhouhr19@lzu.edu.cn

周庆国(通信作者), 教授, 主要研究方向为嵌入式系统、实时操作系统、虚拟化。E-mail: zhouqg@lzu.edu.cn

0 引言

对于传统汽车制造业来说,无人驾驶从来就不是什么新鲜的名字。自从20世纪70年代诞生以来,这项技术就始终吸引着学术界以及工业界各方的眼球。随着无人驾驶关联技术的长期积累,近年来人工智能领域的突破,以及相关政策的完善,人们首次切身实地感受到了无人驾驶时代的迫近。

无人驾驶结合了软件和硬件,是一门相当复杂的交叉学科。它由感知、规划、控制多个模块组成,涉及到机器学习、机器视觉、自动控制、车辆工程等众多学科。尤其是在人工智能快速发展的背景下,机器学习^[1]、深度学习、强化学习^[2]等技术都和无人驾驶有着紧密联系^[3]。

人工智能为无人驾驶提供了一种有效的技术解决方案。例如,人工智能技术使汽车能够对车辆传感器获得的数据进行理解,从周围的环境中提取出关键的语义信息。进一步,车辆通过获取到的语义信息进行规划和决策。例如在人行道前或遇到行人时,车辆自动减速等待行人通过;当前车急刹车时,判断是马上减速或者换道等。通过人工智能的介入,极大提高了无人车的乘坐体验以及车辆行驶过程中的安全性。

1 兰州大学无人驾驶教学的实践

1.1 连接“新工科”与无人驾驶

自20世纪50年代被提出以来,人工智能的发展起起落落。近年来,随着计算机的计算能力的高速发展、数据存储量的大幅度提升以及控制算法的成熟,人工智能(artificial intelligence, AI)在全世界范围内掀起了一股前所未有的研究热潮^[4]。我国近年来的政府工作报告中均提到人工智能,习近平总书记在主持中共中央政治局集体学习人工智能发展现状和趋势的活动中也曾强调了人工智能的重要性,称其为“新一轮科技革命和产业变革的关键机遇”。

培养人工智能人才是高校的责任和义务。自2003年至今,教育部正式批准设立智能科学与技术本科专业的高校已达36个,仅2017年就有17所高校新开设了人工智能相关专业。而在研究生培养阶

段,仅专业目录中设置智能科学与技术相关专业方向就已达79个,分布在计算机、自动化等诸多学科。

尽管人工智能课程在高校中蓬勃开展,业界亟需的顶尖人才仍然稀缺,这与当前高校人工智能的教学体系脱不了关系。人工智能是一个庞大的知识体系,可能需要多个本科学科相关的知识才能撑起人工智能的系统化学习,这对于高校教育来说是一个难题。在这种情况下,人工智能相关的课程只能高度浓缩到几门,导致在课程中只能进行理论知识的学习甚至是科普^[5]。这样培养出的学生虽然对人工智能领域能有一个广泛的了解,但缺乏实践经验,难以解决业界遇到的实际应用问题。

“新工科”是我国为了主动应对新一轮科技革命与产业变革,支撑服务创新驱动发展的新教育发展战略。对于人工智能而言,就是要把教学科研中的创新和传统领域中的经验相结合,将业界遇到的实际问题和解决方案融入高校的教学中,从而达到培养未来多元化、创新型卓越工程人才的目的^[6-7]。在实际的教学中,选择了无人驾驶作为“新工科”模式下高校人工智能教育的一个切入点。

选取无人驾驶作为“新工科”模式下高校人工智能的切入点有这样几个原因:(1)无人驾驶是一个能很好地与人工智能相结合的课题。学生通过对无人驾驶的学习,能够系统性的掌握人工智能相关的知识与能力;(2)无人车是一个复杂的嵌入式系统。学生在学习的过程中不仅能够提升编程能力,也能够掌握相关硬件知识;(3)无人驾驶是当下产业界的热点。在无人驾驶的教学中能够紧跟最新的研究成果,有益于学生解决未来遇到的实际应用问题;(4)相较其他的人工智能相关课题,无人驾驶更加富有挑战性。学生在学习的过程中能获得更加强烈的正反馈,有助于学习兴趣的培养。

1.2 从仿真开始:ROS-Lab虚拟仿真平台

兰州大学受限于资金和设备条件,很难找到合适的线控车作为教学实验平台。于是笔者以合适的教学实验平台为起点,展开了对于无人驾驶教育的摸索。

研究团队的摸索是从虚拟仿真平台开始的。基于无人驾驶与机器人领域最为流行的机器人操作系

统(robot operating system, ROS)架构,设计开发了 ROS-Lab^[8],如图1所示。ROS-Lab是基于 Docker 的免费开源项目^[9],它易于安装部署,并且涵盖了无人驾驶中所需的感知、规划、控制等环节,适合没有无人驾驶相关基础的学生入门学习使用。

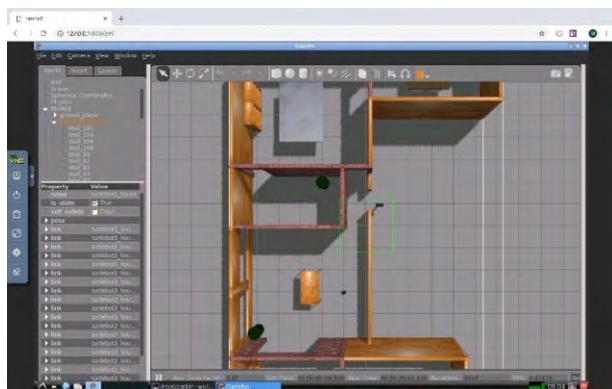


图1 ROS-Lab 图形界面

Fig.1 The GUI of ROS-Lab

在安装了 ROS 和 Gazebo 模拟器后,学生可以使用预先设定好的模型进行仿真模拟。ROS-Lab 是课堂教学中的一部分,它让学生能够参与到无人驾驶每个环节的实现中。

1.3 从仿真到实物: TurtleBot3-Burger 机器人

仅仅进行仿真模拟是难以满足无人驾驶的教学需要的,学生需要培养在面对复杂现实环境时仍能分析并解决问题的能力。在考虑了价格、操作系统和传感器负载后,最终选择了 TurtleBot3-Burger 作为实物的教学实验平台。

TurtleBot3-Burger 是符合 ROS 标准的、一种小型的、可编程的移动机器人^[10],如图2所示。更为重要的是,由于它良好的可拓展性,TurtleBot3-Burger 能够搭载多种传感器来对外界进行感知。由于先前在课堂上进行的仿真模拟实验,学生能够很快上手进行操作,在实际环境中发现和解决问题,如图3所示。

在 TurtleBot3-Burger 上的学习过程主要分为2个部分,首先是对于机器人的基本操作。在配置好 TurtleBot3-Burger 和远程电脑环境后,学生需要在机器人上实现一些有关 ROS 的基本操作,包括节点、主题、发布者和订阅者的概念、创建和编译 ROS 包、运

行多个节点并使用可视化工具进行调试。进一步,学生可以解决一些简单的问题,例如将 TurtleBot3-Burger 移动到房间内指定的位置、通过激光距离传感器数据控制 TurtleBot3-Burger 避开障碍物、遵循自定义路线进行巡逻等。

在能够熟练操作 TurtleBot3-Burger 机器人后,学生接下来就需要动手解决一些业界中会遇到的复杂问题。这部分的内容以 AutoRace 项目为基础。AutoRace 项目包含几个与自动驾驶相关的问题,如交通灯检测、交通标志检测、车道跟踪、停车等。例如在车道跟踪问题中,学生首先需要对相机的光学参数进行标定;然后使用棋盘进行校准,消除图像边缘的失真^[11];接着与外部环境校准,提取出图像中的感兴趣区域(region of interest, ROI);最后使用合适的检测算法判断自己所处的车道。

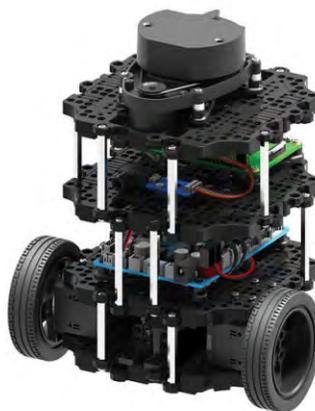


图2 TurtleBot3-Burger 机器人

Fig.2 Photo of TurtleBot3-Burger



图3 课堂教学照片

Fig.3 Photo of the course

在完成这些操作之后,学生还需要对案例项目的代码进行改进和优化,以便进行更深入的探索。以AutoRace中的车道检测为例,学生需要修改节点中的源代码,以获得更准确、更稳定的检测结果。例如,为了减少计算量,可以在处理之前调整图像的大小;在预处理阶段可以使用一些平滑和模糊方法来减少噪声干扰^[12]等。

1.4 无人驾驶教学成果

这一系列的教学取得了优异的成果,如图4所示。在进修该课程的77名学生中,67名学生的成绩在80~100分之间(满分100分),最终成绩优良率为87.01%。在期末的课程评价中,该课程的总体平均分为97.42分,最高分98.02分,最低分83.05分。评价中每一项子内容的平均分都在95分以上。从学生对本课程的评价中收集到的数据可以看出,学生对该课程的评价非常积极,如表1所示。

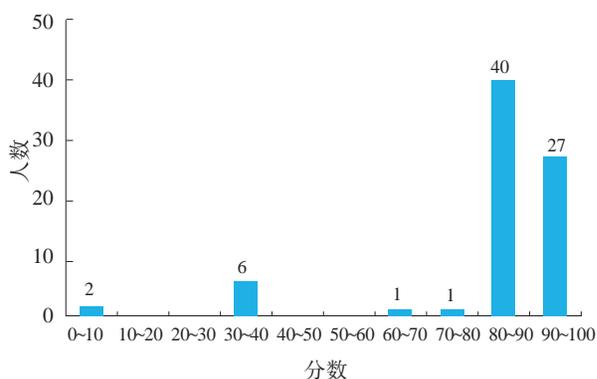


图4 课程成绩分布

Fig.4 Score distribution of the course

表1 学生对课程的评价

Table 1 Students' evaluation of the course

内容	比重	平均分
课程质量	30%	98.07
教学理念	10%	96.52
教学内容	40%	98.41
教学方法	20%	96.67
总计	100%	97.42

除此之外,对组成课下小组进行无人驾驶专题研究的21名学生进行调查,其中大多数学生进入了著名公司或大学,并继续在无人驾驶相关领域

进行研究。其中2名获得贝尔实验室实习的机会,3名获得中国汽车技术研究中心实习机会,6名获得华为技术有限公司实习机会,另外10名获得攻读研究生学位机会继续从事无人车相关的学术研究。

可见,根据学生的继续教育和就业情况,这一系列课程成功地培养了学生解决实际问题的能力,让学生在走出学校进入社会后也能从中受益。

2 无人驾驶实验平台的探索

2.1 LTGO教育无人车

尽管使用TurtleBot3-Burger机器人已经能够满足无人驾驶教育中大部分的需求,但由于面向场景的不同,无人驾驶所对应的室外场景速度更高,对技术也有着更高的要求。为了与产业界更好地接轨,也为了培养更多无人驾驶方向的人才,笔者总结了教育与研究过程中遇到的问题,与微思智能科技合作设计研发了LTGO教育无人车作为之后教学中所使用的教育实验平台,如图5所示。



图5 LTGO教育无人车

Fig.5 Photo of LTGO

LTGO教育无人车中文名称乐狗,中文意思为快乐的小狗,英文为Let's GO,意为“play well”,寓教于乐,是兰州大学联合微思智能科技共同推出的一款用于高校无人驾驶教育和人工智能技术实训的自动驾驶平台。该车将超声波、毫米波、激光雷达及摄像头等多个传感器融合,且兼具小巧、灵活等特征,可以很好地契合高校计算机及通信方向的学生实训课

智能化开展的要求,同时也能满足无人驾驶方向的企业对员工进行技术培训的需要。

LTGO教育无人车采用后轮差速驱动前轮阿克曼转向的整体布局。后轮采用开放式差速器及一体式后桥结构,有效减小传动效率损失,确保传动平稳。前悬架采用双A臂推杆悬挂,避震器横置且集成防倾杆功能,加大悬挂行程,使底盘对路面的适应性更强。动力系统采用前盘后鼓的结构,在保证动力的前提下,优化重量及可靠性,确保连续制动下的热稳定性。

全车智能化配置丰富,搭载了底盘集成控制系统、智能终端模块、电池管理系统、转向控制系统、制动控制系统等。LTGO自带独立主控可完成自身运动控制,并可以定制复杂的操作模式,主控提供标准CAN总线和千兆以太网作为通讯接口,可无缝对接智能驾驶系统,例如ROS、百度Apollo等,标准化的协议和接口方便快速进行二次开发。

LTGO教育无人车基于模块化设计,搭载了8个超声波雷达探头、1个前向毫米波雷达、1个车顶360度激光雷达及摄像头等多个传感设备,车辆参数如表2所示。多方位的安装支架提供丰富的外部设备支持,并且车身预留有总线接口,可为周身安装设备提供供电和通信网络。不同院校可以根据各自的承受能力配置不同规格的传感设备。

表2 车辆参数

Table 2 The parameters of LTGO

车辆参数	传感器
工作电压直流 72 V	定位 RTK
电池容量 45 Ah	8 个超声波雷达
最高时速 30 km/h	1 个毫米波雷达
长宽高 2.7 m×1.5 m×1.8 m	4 个摄像头
整车重量 400 kg	1 个激光雷达
有线快充	1 台 HPC 处理单元

LTGO教育无人车具体实践模式如下:(1)从零部件到无人车的硬件组装成一辆无人车;只有传统车辆60%大小,但能实现100%的实车功能,占地小且易于教学,并实现所有车辆功能的认知;并能从零部件认知到整车的机械结构学习;(2)从多传感器的

安装标定达到感知融合;(3)从计算平台的软件安装到自动驾驶寻迹驾驶;(4)结合AI实现语义地图建立决策任务实施,进而实现真正的自动驾驶。

2.2 教育无人车相关慕课课程

为了助力未来教学的开展,同时也是为了课程的可推广性,课题组还为LTGO这一实验平台量身定制了一系列课程,如表3所示。考虑到无人驾驶这门学科涉及计算机视觉、机器学习、机器人学、通信工程、车辆工程等多方面的知识,仅在课程中讨论与无人驾驶有关的部分,而不深入研究相关学科。故课程将分为理论与实践部分,其中理论部分采用慕课的形式,有条件的高校亦可采用教师教学的方式,而实践部分则依托于LTGO这一平台,理论课程和实践课程同步进行,在掌握理论知识后,通过实践平台将其消化,在每次课程结束后留下思考题,考察学生对知识的掌握,同时在实践课的最后,也要求学生能自主地大体完成无人驾驶的整个流程。

2.3 教育无人车未来的计划

在平台推广到各大高校后,可以举办一些无人驾驶比赛。比赛可以根据无人驾驶的3大核心部分:感知、规划、控制来进行划分,每个部分设立一些考察点,在课程原有难度的基础上进行适当的拔高,设置一些挑战,最后对完成较好的队伍给予奖励。这样既激发了学生对无人驾驶技术的兴趣,又促进了高校间对关键技术的交流。另一方面,比赛的优胜者在无人驾驶技术上将被予以肯定。在无人驾驶人才短缺的情况下,这些学生将得到无人驾驶研发公司的青睐。

3 总结

21世纪是人工智能的时代,培养人工智能人才是我国高校的责任与义务。本文分享了我们对于高校人工智能教育的实践与探索。基于“新工科”的理念,从无人驾驶入手,围绕所用教学实验平台进行教学设计与实践,本模式在高校中被证明是有效的。接下来将进一步结合产业界与高校,探索一种可推广的无人驾驶教育模式,以培养出更多产业界所需的无人驾驶与人工智能人才。

表3 慕课课程大纲

Table 3 Teaching chapter and hours of MOOC

	课程内容	学时		课程内容	学时
理论课程框架	无人驾驶简介	1	实践课程框架	ROS使用	2
	ROS简介与入门	2		车道线识别	4
	计算机视觉基础	2		传感器融合标定	4
	传感器介绍与融合	3		无人驾驶定位	4
	无人驾驶定位方法	6		车辆线控实践	4
	机器学习入门与应用	6		路径与行为规划	4
	车辆模型与控制方法	6			
	无人驾驶规划	6			

参考文献

- [1] SHARMA R, BIST A. Machine learning: a survey[J]. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2015, 4(3): 708-716.
- [2] 孙志军,薛磊,许阳明,等. 深度学习研究综述[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(8): 2806-2810.
SUN Z J, XUE L, XU Y M, et al. Overview of deep learning[J]. Application Research of Computers, 2012, 29(08): 2806-2810.
- [3] 王金强,黄航,郅朋,等. 自动驾驶发展与关键技术综述[J]. 电子技术应用, 2019, 45(6):28-36.
WANG J Q, HUANG H, ZHI P, et al. Review of development and key technologies in automatic driving[J]. Application of Electronic Technique, 2019, 45(6): 28-36.
- [4] 蔡自兴. 中国人工智能40年[J]. 科技导报, 2016, 34(15): 12-32.
CAI Z X. 40 years of artificial intelligence in China[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(15): 12-32.
- [5] 蔡三发,王倩,沈阳. 人工智能赋能:高校学科建设的创新与发展——访中国工程院院士陈杰教授[J]. 电化教育研究, 2020(2): 1-5.
CAI S F, WANG Q, SHEN Y. Artificial intelligence empowering: innovation and development of discipline construction in colleges and universities: an interview with professor CHEN Jie, academician of chinese academy of engineering[J]. e-Education Research, 2020(2): 1-5.
- [6] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
ZHONG D H. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6.
- [7] 陆国栋,李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 20-26.
LU G D, LI T Y. Reflections of the paths of constructing and developing emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 20-26.
- [8] MU C S. ROS-Lab: Docker-based robot operating system virtual lab[EB/OL]. [2020- 01- 22]. <https://github.com/MuchenSun/ros-lab>.
- [9] BAR H A, AHARON, LERNER, et al. Recent progress in road and lane detection: a survey[J]. Machine Vision & Applications, 2014, 25(3): 727-745.
- [10] GUIZZO, ERICO, ACKERMAN, EVAN. The turtleBot3 teacher [Resources_hands on][J]. IEEE Spectrum, 2017, 54(8): 19-20.
- [11] ARTURO D, ARMINGOL, JOSE M. Automatic chess-board detection for intrinsic and extrinsic camera parameter calibration[J]. Sensors, 2010, 10(3): 2027-2044.
- [12] BAR H A, LERNER R, LEVI D, et al. Recent progress in road and lane detection: a survey[J]. Machine Vision and Applications, 2014, 25(3): 727-745.