

新工科背景下嵌入式系统课程教学改革与实践

吴跃飞

(南京邮电大学 自动化学院、人工智能学院, 江苏 南京 210023)

摘要: 面向新工科背景下人工智能专业复合型、工程型人才培养实际需求,以专业课程体系和专业人才培养目标为依据,对人工智能专业嵌入式系统课程进行课程教学改革研究。针对人工智能专业本科生嵌入式系统课程教学现状,提出提高人工智能专业实践教学效果的举措和方法,包括构建新工科创新实践教学课程体系、搭建产教融合实践教学平台、构建多层次的课程实验教学内容、运用案例式教学方法提升教学效果、设计以问题为导向的项目驱动型课程教学模式等。该课程改革以工程能力培养为新要求,以学生兴趣导学为新途径,以行业发展需求为新理念,探索形成新工科理念下专业人才工程创新能力培养实践路径,实现人工智能专业嵌入式系统实践类课程人才培养目标。

关键词: 嵌入式系统;项目驱动式学习;教学改革;案例教学;线上线下混合教学

DOI:10.11907/tjdk.231876

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

中图分类号:G642.0

文献标识码:A

文章编号:1672-7800(2024)003-0178-06



Teaching Reform and Practice of the Embedded System Course under the Background of New Engineering

WU Yuefei

(College of Automation & College of Artificial Intelligence, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)

Abstract: According to the practical needs of the cultivation of compound and engineering talents of artificial intelligence specialty under the background of new engineering, and based on the professional curriculum system and professional talent training objectives, this paper carries out the teaching reform research of embedded system course of artificial intelligence major. Some measures and methods to improve the practical teaching effect of embedded system are proposed, including the construction of creative practice curriculum system of "New engineering", the construction of creative practical teaching platform of industry and education integration, the multi-level curriculum experimental content, the use of case teaching methods to improve teaching and learning effects, and the construction of ideological. The curriculum reform takes the cultivation of engineering ability as the new requirement, student interest guidance as the new approach, industry development needs as the new concept, and explore the practical ways of "new engineering" professional talents' engineering innovation ability training mode, so as to realize to the professional talent training objectives of embedded system practical courses in artificial intelligence major.

Key Words: embedded system; project-based learning; teaching reform; case teaching; online and offline mixed teaching

0 引言

在“智能制造”“人工智能”“工业4.0”等国家发展战略规划背景下,随着大数据、云计算、物联网、5G等新一代信息技术不断取得突破,人工智能技术与嵌入式系统深度融合所形成的嵌入式人工智能技术,已广泛应用于智能家居、智慧医疗、智慧交通、无人驾驶等领域,并成为工业4.0

时代的核心技术^[1]。嵌入式人工智能技术发展迅速,在当前大数据、人工智能、跨界融合的新工科时代,嵌入式系统课程教学内容应紧跟行业技术发展^[2-3]。因此,如何在“新工科”建设和产学研融合的理念要求下更好地开展嵌入式系统课程教学,根据“新工科”建设和产学研融合的理念要求,提高嵌入式系统新工科创新人才培养质量,不仅对学生就业有着重要作用,也对进一步推动相关行业发展具有深远意义^[4-5]。针对人工智能专业嵌入式系统课程教学建设现

收稿日期:2023-11-02

基金项目:国家自然科学基金项目(11902162);中国博士后基金面上项目(2018M642295)

作者简介:吴跃飞(1988-),男,博士,南京邮电大学自动化学院、人工智能学院讲师,研究方向为人工智能信息处理。本文通讯作者:吴跃飞。

状,大数据和人工智能技术的兴起为嵌入式系统课程人才培养提出了新的要求,因此基于“新工科”建设和产学研融合的嵌入式系统课程改革具有很强的理论和实际意义^[6]。

嵌入式系统课程是培养学生融合人工智能技术与嵌入式系统技术进行深度融合和项目化应用的重要课程,在实现“新工科核心本科课程”建设教育目标中具有重要作用^[7],可为学生今后开发大型复杂企业项目打下坚实基础。为实现这一培养目标,结合当前人工智能的时代背景,依托大信息行业优势,各高校开展了基于嵌入式技术的新工科核心本科课程教学方法与实践改革^[8]。文献^[9]以企业行业真实应用需求为切入点,围绕“5G、人工智能、物联网、大数据”等科技前沿,根据行业企业发展动态,开设行业前沿讲座课程,并依据技术发展改革教学内容。然而,该课程与企业用人单位的实际需求存在一定差距,难以适应人工智能时代软件产业对于人才发展与培养的需求,迫切需要作进一步改革和创新。文献^[10]以多学科交叉融合于教学和科研的实践探索为基础,构建人才培养方案中的特色方向。然而,在传统教学实践过程中,分科课程的传统模式根深蒂固,导致课程体系结构出现“孤岛化”问题^[11],同时课程实施过程中教师比较重分析,而对于系统设计问题涉及较少,缺乏理论联系实际的能力。因此,针对嵌入式系统课程开展教学模式创新研究,课程教学过程需要进一步强化行业导向性^[12]。

为了契合“以学生志趣为中心,促进学生能力发展”的新工科人才培养理念,落实“产教融合、协同育人”教学模式创新理念,南京邮电大学学生创新中心引入多种信息化手段和产业资源,将人工智能技术融入嵌入式系统课程,按照“产学研结合、自主研学、资源共享”的新工科创新人才培养原则革新课程体系,对嵌入式系统课程进行教学改革,探索形成新工科理念下人工智能类专业人才工程创新能力培养实施路径,引导学生拓展和应用各学科知识,为我国培养更多满足工业4.0时代需求的新工科人才。

1 嵌入式系统课程教学过程中存在的问题

1.1 课程教学内容与行业技术发展存在差距

以往的嵌入式系统课程教学内容存在一定的滞后性,且教学过程并未融入行业发展的导向和需求,造成嵌入式系统课程教学内容与行业发展需求不匹配。学生所学知识与行业技术需求不相关,使得嵌入式课程教学与行业发展联系不紧密,难以达成与行业发展相匹配的人才培养目标。

同时,教学课程案例陈旧,不能反映相关领域科技和行业最新发展趋势。在传统教学实践过程中,缺乏依托行业前沿项目进行讲授的实践教学,因此需要解决与工程实际结合的应用型课程“怎么教”的问题。

1.2 学校课程体系构建遭遇的现实困境

在以往的教学过程中,该课程针对嵌入式系统各模块的介绍较多,分科课程的传统模式根深蒂固,导致课程体系结构出现“孤岛化”问题。而嵌入式系统的工程实际项目往往涉及多个学科,多学科交叉融合成为发展趋势,跨学科的知识体系、教学模式需要创新性的教学信息化作支撑。

1.3 与实际应用场景脱节

课程实施过程中呈现“弱学术化”(专业课程中的前沿知识较少,说服定论式教学方式使得师生思想碰撞较少)等问题,且课程内容抽象、专业知识点繁多,学生普遍感到枯燥、难懂,影响学生学习的积极性和自主性。并且,这容易造成学生掌握的知识零散,与实际应用脱节,缺乏综合应用能力,不擅长设计复杂的嵌入式系统。因此,需要解决学生工程实践能力与产业需求脱节、实践教学难以高质量开展、学生自主学习能力弱等问题。

1.4 实验方式与软硬件环境落后

该课程实践中所使用的核心开发系统都是国外产品,学生无法通过学习深入了解自主研发的微处理器及相关应用开发系统,不利于具有自主知识产权的产品发展及推广;现有设备的功能过于简单,算力有限,不能适应当前嵌入式智能测控设备对数据传输与处理等环节的功能与效率要求。

2 面向新工科人才培养的特色化课程体系构建

依据新工科人才培养理念与要求,系统梳理新工科专业知识逻辑体系,构建以项目为链条的模块化课程体系,科学设计新工科通专融合的课程体系。南京邮电大学学生创新中心建立以学生为主体的无人机系统和机器人小车联合创新实验室,形成基于“产学研结合、自主研学、资源共享”的新工科创新人才培养实践教学体系,如图1所示。

由校企导师引导,引入无人机系统等工程案例资源和优质的科研成果资源,彰显“强化学科交叉、重创新实践”的教学理念,不断打磨专业课程和教学内容,做到教学内容与“学科前沿、工程实践、科研课题”同步,使行业领域最新研究成果和工程技术案例进课堂、入课程。

团队结合实验室资源现状,引入线上和线下混合式实验教学模式,设计了开源硬件、开源软件、算法模型、常用实验工具、无人驾驶等实验,同时开展项目式学习与“课赛结合”,以课程为依托推进校外竞赛,以课外延伸的开放性科技前沿课题为主,实现课程教学与实验教学的有机结合。该实验考核学生多方面的能力,如硬件描述语言、仿真软件、数字系统设计等,学生通过参与、互动、协作完成实验,提高了动手能力,巩固了知识的学习,将项目式教学贯穿创新型人才培养全过程,充分激发学生主观能动性与创新活力,促进多学科交叉融合,提高新工科创新人才的工程创新能力。

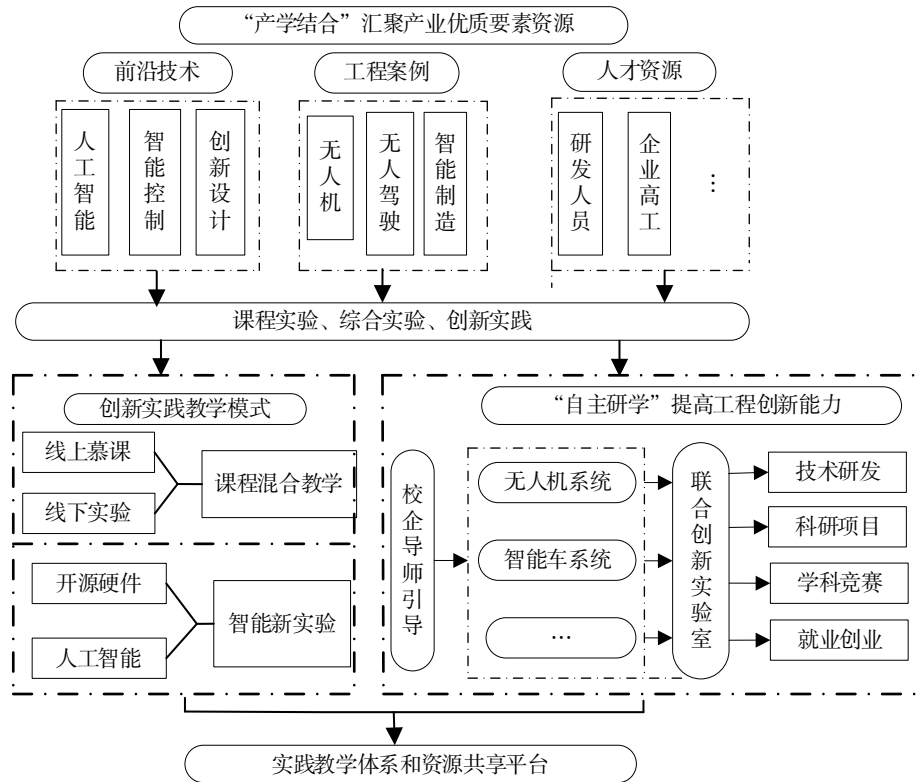


Fig. 1 Architecture of practical teaching system and platform for cultivating innovative talents under the background of new engineering

图1 新工科背景下创新人才培养实践教学体系与平台构架

3 嵌入式课程教学改革与实践

3.1 嵌入式课程教学改革方向

嵌入式系统课程教学改革围绕新工科的3个“新”要素,依据新工科人才培养理念与要求,系统梳理新工科专业知识逻辑体系,重点围绕“如何反映嵌入式系统的技术发展”“学生如何在教师的指引下对嵌入式系统产生兴趣”和“如何培养学生的创新能力”3个关键问题,从课程教学方法、教学内容和过程实施等方面进行改革。课程教学改革框架如图2所示。

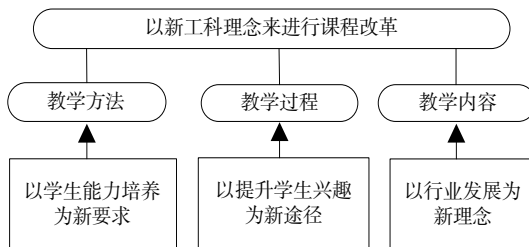


Fig. 2 Framework for teaching reform of embedded system course

图2 嵌入式系统课程教学改革框架

3.2 基于行业发展新理念的教学内容革新

针对传统教学内容与实际产业发展相脱离的状况,以行业发展新理念为指导,根据“新工科”建设和产学研融合的理念要求,从学生主体认知特点出发,根据不同学习层次组织实践项目教学内容,根据难易度将授课内容分为基

础、综合、设计3个实验层次,如图3所示。课程组设计的实验依托多样化的设计应用案例,按照“宽深结合+层次递进”的原则对相关的不同知识点开展交叉学习。学生通过参与、互动、协作完成实验,不仅提高了动手能力,也进一步巩固了对知识的学习,使新工科创新人才的工程创新能力得以提升。

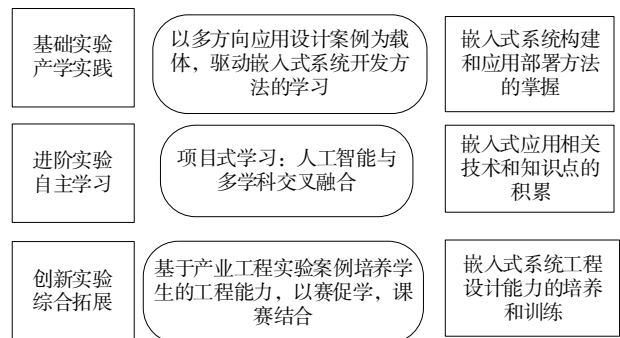


Fig. 3 Comprehensive practical training project of the embedded system course

图3 嵌入式系统课程综合实训项目

基础实验包括嵌入式系统构建、驱动开发和应用部署方法的学习,着重培养学生对嵌入式系统构建和应用部署方法的掌握。以多方向应用设计案例为载体,课程组以可扩展的智能停车系统设计为主线,引出相关知识点。除车辆进出管理、收费管理、升降杆管理等基本功能外,小车还应具备一定的可扩展性,如可通过基于CGI的Web控制实现智能停车系统的远程管理等。课程组基于智能停车系

统任务管理进行系统构架设计,并结合相关科研项目开展实验教学,主要包括车辆智能管理系统进出、收费管理和智能远程控制等工程性设计实验。通过上述实验熟悉处理器的硬件结构和功能,熟悉和掌握ucOS操作系统的构架设计、任务管理机制、中断和时钟管理设计方法;强化学生在ROS系统下的应用设计能力,为后续专业课程教学实践奠定工作基础。

进阶实验对应嵌入式系统实验中的设计型扩展实验,包括较复杂或者有较大难度的嵌入式实验。课程团队开展了基于开源的智能驾驶实验教学内容设计与实践,通过华为Atlas 200 DK开发板和MindStudio DDK学习昇腾310处理器应用开发相关知识与技能,使用Atlas 200 DK外接摄像头获取视频数据并将其作为输入,实时监测视频画面,完成智能机器人小车AI视觉检测与运动控制;综合实验以行业发展的技术热点为基础,全面融入人工智能、信息领域等相关技术,促进多学科交叉融合。学生通过华为Atlas200DK开发板进行项目式学习,该开发可应用于包括目标检测、图像分类、智能运动控制、无人驾驶等场景。学生依托华为智能基座资源,利用昇腾芯片开发板进行应用的部署开发。课上学习与课外实践的互相协同,拓展了学生理论结合实际的应用能力,激发了他们融合专业知识发展先进人工智能技术的潜能。

3.3 以学生志趣为中心的教学方法改革

(1)基于项目任务设计革新课程教学。学生自发选择感兴趣的项目,并以小组协作方式参与上述前沿热点项目。教师讲授项目基础知识,引导和督促学生以小组形式完成项目调研资料搜集,深入研究解决该项目问题的方法。学生以问题为驱动进行项目任务设计,根据课题撰写项目技术路线,完成项目报告,最后在课堂上以小组形式作项目设计成果汇报。通过专题研讨,教师对学生的设计和答辩进行点评和总结。基于项目的“做中学、研中学”的探索式学习,有效提升了学生自主研学的工程创新思维和能力;项目资料搜集和报告设计考核了学生的工程设计能力和真实问题解决能力,同时拓展了学生的科学视野。将项目式教学贯穿创新型人才培养全过程,可充分激发学生的主观能动性和创新活力,促进多学科交叉融合。

(2)将行业实践案例融入教学实施过程。教师结合课程主要知识单元开发产学研融合的实践案例,建立案例—理论—实践—提高的教学模式。对教学内容进行规划设计,厚植器件基础理论、强化先修后续衔接、筑牢学生硬件根基,紧跟当前产业发展的硬件“软件化趋势”,注重课程内容的前沿性和新颖性,课程组及时将学科发展的最新动态和科研成果纳入课程教学。在深入分析嵌入式系统技术内涵和专业基础知识的基础上,结合先进传感技术、北斗卫星导航和天问一号火星探测等实际案例,让学生了解行业前沿技术应用及理论基础,鼓励学生从事国家核心战略技术研究。引导学生了解国内外嵌入式系统产业差距,扎扎实

实从基础做起,激发学生的爱国主义热情。通过引入大量生活中与学生息息相关的案例,为学生创设能充分发挥其潜能的学习情境,引导学生投入到学习情境中,达到一种案例沉浸的状态。例如,在讲授具体案例——项目系统时,教师首先通过营造氛围提升学生的兴趣,采用探究式和合作式教学方法进行情景导入,让学生以大量实际问题为导向进行探究导学,引导学生进入到学习任务情景中,教师对案例进行分析讲解,在此基础上,强化案例剖析与解题构建。引导学生以小组协作的方式完成上述案例问题,然后以案例导练的方式跟学生进行互动探讨,最后作成果汇报。通过专题研讨,教师对设计成果进行点评并总结。同时,鼓励学生像工程师一样思考问题,从知识传授转化为能力锻造。基于案例驱动的教学架构示例如图4所示。

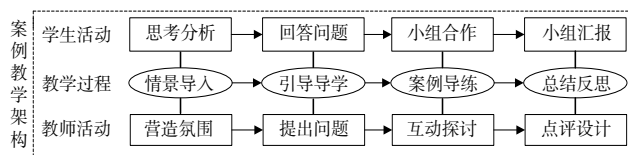


Fig. 4 Application of project-driven teaching method in the practical training course

图4 案例驱动式教学法在实训课程中的应用

3.4 以学生能力培养为中心的课程教学过程改革

依据技术前沿创新应用能力、契合行业发展创业能力的新工科创新人才培养目标,在课程教学过程改革中融入了多种信息化手段和产业资源,建立实施“课前线上导学、课中夯实理论、课后巩固与拓展”的课程教学环节,构建以学生能力培养为主线的“学生中心、成果产出、持续改进”的课堂教学模式,提升教学效率。同时,结合线上SPOC资源,构建了课前、课中、课后3个主要阶段教学过程。

3.4.1 课前:基于资源共享平台的线上导学

开学初,教师制定研究性教学实施方案并发给学生,由点到面引入产业平台,利用线上导学做好实验准备,发掘知名企业现有案例资源,通过校企合作建设一批面向新工科的新课程和新案例。注重课程数字化教学在线资源建设,课程群全部上线中国大学MOOC提供线上、翻转、混合式课程资源,MOOC提供详尽的教学计划表,实现教学资源数字化管理,并推荐给学生供课前线上学习,教师组织开展混合式教学实践,支持学生预习和自主学习。学生通过对线上资源的自主学习,完成作业练习并讨论,教师进行在线评分并开展交流互动。此外,教师线上发布调查问卷,并通过问卷星完成随堂测试分析,教师根据调查结果进行教学内容、方式和活动重构,持续改进,并发布到相关论坛进行问题交流反馈与学习。同时,通过数字化“雨课堂”记录学生学习的全过程,记录各项环节的成绩,帮助学生及时发现学习中的问题,汇总学生各环节的亮点(如设计新方案、创新解题思路)。

3.4.2 课中:数字化雨课堂夯实理论,产业平台助力实践

(1)理论教学。课中采取线下课堂面授的形式,理论与实践相结合。让课堂“活起来”,培养学生自主学习能力,开展案例、类比、智慧、实践教学,对关键知识点进行拆解、迁移、转换,便于学生理解接受,尽可能与未来学到的专业知识结合,提升学生的学习兴趣。教师不断完善教学课件,增加嵌入式系统功能演示和习题讲解,增加动画展示、系统仿真、习题讲解。在试题库导入问卷星、雨课堂等工具,方便教师随时进行课堂测验,通过问卷星完成随堂测试分析,利用雨课堂投稿功能将学生的答案投影到屏幕上,供大家研讨。课程教案注明教学重点和难点,提前设置师生互动环节、知识拓展环节,开展学期末课程总结和教学反思,梳理教学问题。

(2)产教融合实践教学。课程团队开展基于开源的智能驾驶实验教学内容设计与实践,引入华为 MindSpore 平台与 Atlas200 套件,设计面向人工智能领域的嵌入式系统综合实验平台^[7],学生在实验平台上完成智能机器人小车人工智能视觉检测、运动控制等案例实践。通过开发上述契合国家人工智能行业产业发展热点需求的实际项目案例,学生不仅了解人工智能在嵌入式系统行业中的应用,而且通过工程实验案例培养学生的工程能力、系统设计能力培养与训练。基于昇腾开发者套件动手组装的智能小车案例实践,激发了广大学生的浓厚兴趣。该课程实践中,嵌入式系统的核心开发系统都是国内产品,学生通过学习深入了解自主研发的微处理器及相关应用开发系统,有利于具有自主知识产权的产品发展及推广。通过教育部一华为“智能基座”产教融合协同育人计划,强化学生创新创业和实践能力培养,造就大批能够适应和引领新一轮科技革命和产业变革的卓越工程人才。

3.4.3 课后:线上巩固与拓展提升

教师在雨课堂发布课后学习任务,布置学生小组任务:每组经过讨论得到一个需要专门深入复习的知识点,提出一道希望共同讨论的问题,每组用一个文档记录小组问题汇总,列举一道需要教师讲解的案例。教师依托硬件实验室选择录屏+视频讲解录制模式开展产教融合的实践案例讲解(讲解时间控制在 20 min 内),引导学生理解符合产业发展需求的实际项目案例,为学生答疑解惑。基于新工科创新人才培养实践教学思路,利用口袋实验,将理论课堂转化为实践课堂。课程组依据产业发展需求、依据学生需求自主调整教学内容;课程组定期举办交流座谈会,会同行业内知名企业的技术专家、任课教师、学生代表及时对课程内容推陈出新。

4 “多元化”课程考核评价方法

课程采取了多元化的评价机制,如图 5 所示。该考核方法综合考虑了线上学习与线下课堂的表现,项目学习使

用了教师点评与学生互评相结合的模式,期末考核采用了校企协同以赛促学。教师布置项目报告题目,学生根据课题撰写项目设计报告,侧重工程实践问题探究。校外竞赛以赛代练、以赛促学,也作为课程评分依据之一。教师对学生学习的全过程如课堂提问、课堂学生小组讨论、随堂测验和课程报告进行过程评价,小组讨论的成绩包括学生自评、同伴互评和教师评价,并记录各项环节的成绩,获得一个从过程性评价到结果的综合评价。

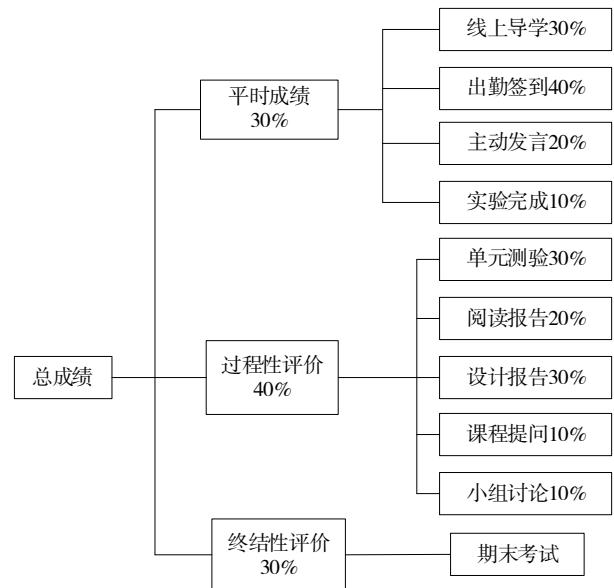


Fig. 5 Diversified course assessment and evaluation method

图5 “多元化”课程考核评价方法

5 课程改革成效

表1所示的培养实践结果表明,近3年来,小组基础实验完成率、进阶实验完成率和综合实验完成率,以及学生期末考试成绩优秀率逐年提升,且基础实验完成率很高。大部分学生通过小组合作可完成智能车的硬件搭建和驱动程序编写以及巡线、避障等常用人工智能视觉算法训练与部署。一半以上的学生掌握了嵌入式系统在人工智能领域的综合创新设计实现方法,熟悉国产高端芯片及开发系统应用。从各项考核结果可知,学生成绩显著提升,拔尖学生不断涌现。

围绕学生的嵌入式系统实践能力培养,鼓励学生利用实验室完成全国大学生电子设计竞赛、大学生实践创新项

Table 1 The completion rate of students' experiments and the excellent rate of final exam scores in the past three years

表1 近3年学生实验完成率和期末考试成绩优秀率

对象	近三年学生实验完成率/%			期末考试成绩优秀率/%
	基础实验	进阶实验	综合实验	
	完成率	完成率	完成率	
2020级学生	96	79	63	22
2021级学生	98	85.2	68	25
2022级学生	99	92	75	30

目设计与实验验证,为提高竞赛成绩和加强实践创新活动奠定坚实基础。学生依托实验室的四旋翼自主飞行器探测跟踪系统多次获得中国机器人大赛、江苏省机器人大赛等奖项。

6 结语

从新工科理念下工程能力培养角度,以符合当今社会发展所需的人工智能技术为教学应用背景,本文针对人工智能专业嵌入式系统实践类课程的教学体系建设现状,以构建技术前沿创新能力、契合行业发展创业能力的新工科创新人才培养为目标,建设符合行业技术发展的新工科创新人才培养实践教学体系。

南京邮电大学自动化学院、人工智能学院教学团队依托行业前沿项目讲授的实践案例,有利于人工智能技术与多学科交叉融合,积极促进产业优质教学资源与实践案例产教资源的融合与重塑。在新工科理念下针对嵌入式系统课程教学方法、方式和实施过程进行改革与实践,构建了多元化评价体系,更好地满足差异化教学需求。实践结果表明,课程教学改革提高了课程教学质量,激发了学生的学习兴趣,提高了学生的工程实践能力。

参考文献:

- [1] ZHANG Z F, YI J D. Give play to the role of enterprises and deepen the integration of industry and education [J]. China Higher Education, 2017 (24):40-41.
张振飞,伊继东.发挥企业作用深化产教融合[J].中国高等教育,2017(24):40-41.
- [2] WANG N, SHANG L, WANG Y L. Research on the cultivation mode of mechanical applied talents based on the mechanism of integration of production and education and collaborative education [J]. Journal of Higher Education, 2020,5(27):180-182,185.
王娜,商丽,王玉玲.基于产教融合,协同育人机制的机械类应用型人才培养模式研究[J].高教学刊,2020,5(27):180-182,185.
- [3] WANG J J, DU Y Y. Deep industry-education integration in the new era: background, implication and paths [J]. Vocational and Technical Education, 2022,43(10):34-40.
王敬杰,杜云英.新时期产教深度融合:背景,意蕴和路径[J].职业技术教育,2022,43(10):34-40.
- [4] CHEN F. Seize the opportunity, take advantage of the momentum, and promote the integration of industry and education to a new stage [J]. China Higher Education, 2018(2):20-24.
陈锋.抓住机遇,乘势前进,推动产教融合迈向新阶段[J].中国高等教育,2018(2):20-24.
- [5] YANG M, ZHOU Z Z. Research on the promotion strategy of the policy of the integration of production and education in applied undergraduate colleges: based on the two-dimensional analysis of policy tools and policy elements [J]. China University Science & Technology, 2022,35(3):79-84.
杨梅,周正柱.应用型本科高校产教融合政策的推进策略研究——基于政策工具与政策要素的二维分析[J].中国高校科技,2022,35(3):79-84.
- [6] ZHANG H, PENG P, TANG M, et al. The core features and achievement path of high-level university-industry integration: investigation based on HUST optical engineering discipline and its serving industry [J]. Research in Higher Education of Engineering, 2022,39(4):116-121.
张虎,彭湃,唐明,等.高层次产教融合的核心特征与实现路径——基于对华中科技大学光学工程学科及其服务产业的调研[J].高等工程教育研究,2022,39(4):116-121.
- [7] ZHONG Z H, ZANG J Y, YAN J L, et al. Intelligent manufacturing promotes the comprehensive upgrading and innovative growth of China's manufacturing industry [J]. Strategic Study of CAE, 2020,22(6):136-142.
钟志华,臧冀原,延建林,等.智能制造推动我国制造业全面创新升级[J].中国工程科学,2020,22(6):136-142.
- [8] GAN Q H, YU Q, WANG C Y, et al. Research and practice of classroom teaching analysis based on artificial intelligence [J]. Software Guide, 2023,22(1):88-93.
甘启宏,余洪,王春艳,等.基于人工智能的课堂教学分析研究与实践[J].软件导刊,2023,22(1):88-93.
- [9] LI L, DENG H B, WANG Y, et al. The reform and exploration of embedded system experimental teaching under the new engineering concept [J]. Experimental Technology and Management, 2019,17(5):81-84,98.
李磊,邓洪波,王云,等.新工科理念下嵌入式系统实验教学的改革与探索[J].实验科学与技术,2019,17(5):81-84,98.
- [10] GAO T, LIU W, CHEN X H, et al. Teaching reform research of industrial control network under the background of industry & education integration and collaborative education [J]. Software Guide, 2022,21(10):236-240.
高婷,刘伟,陈雪辉,等.产教融合、协同育人背景下工业控制网络课程教学改革研究[J].软件导刊,2022,21(10):236-240.
- [11] YE P, ZHAN H, CHEN F Z. Practice and exploration of the computer courses under OBE concept [J]. Software Guide, 2022,21(12):238-241.
叶佩,展慧,陈枫哲.OBE理念下计算机类专业课程的实践探索——以微机接口技术课程为例[J].软件导刊,2022,21(12):238-241.
- [12] FAN C, YANG T J, HOU H F, et al. Design of core experimental teaching projects of artificial intelligence specialty under background of "new engineering" [J]. Experimental Technology and Management, 2021,38(8):183-189.
樊超,杨铁军,侯慧芳,等."新工科"背景下人工智能专业核心实验教学项目设计[J].实验技术与管理,2021,38(8):183-189.

(责任编辑:孙娟)