

应用场景驱动的《机器视觉》课程实验建设与实践

梁莹¹ 毕云峰^{1*} 郭春生¹ 崔永香² 唐嘉鸿³

1. 山东大学机电与信息工程学院

2. 陕西维视智造科技股份有限公司; 3. 威海敏捷智汇工业互联网有限公司

摘要: 机器视觉技术受到社会的光关注和应用,在“中国制造2025”规划实施中发挥了重要作用,相关课程也是我院“自动化”、“人工智能”和“机器人工程”等专业的核心课程。我们从典型性、实用性、先进性角度出发,按不同的场景定制化配备了远心高精度测量系统、双目三维测量系统、高分辨率测量系统、变焦高速视觉系统、工业3D系统等教学实验系统,设置系统认识、算法验证、综合应用、创意设计等不同类型实验项目,精心构建实验内容体系,在课程教学实践中取得了良好的效果,提高了教学水平和教学质量。

关键词: 机器视觉; 场景驱动; 实验项目; 知识体系

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2024.01.081

一、引言

自20世纪60年代“机器视觉”概念提出以来,以美、日、欧为代表的发达国家就率先开始了相关的研发工作^[1-2]。近年来,伴随着机器视觉技术在半导体和电子电器等领域的突出表现,其在国际市场的发展逐渐步入到成熟阶段^[3]。我国在机器视觉领域发展起步于20世纪80年代的技术引进,到2010年左右迎来快速成长期^[4]。尤其随着“中国制造2025”等战略规划的实施,光学成像、传感器、处理器、人工智能等相关技术快速发展,机器视觉技术应用越来越广泛,呈现出向多领域、多行业、多层次延伸的势头^[5]。机器视觉技术是自动化、智能化系统中的关键传感手段,在智能化浪潮中具有不可替代的作用^[6]。

《机器视觉》是我校“自动化”、“人工智能”和“机器人工程”等本科专业的重要专业课程。在课程实验大纲制定中,学生机器视觉相关技术的培养和机器视觉系统落地的能力被列为核心教学目标。我们确定了应用场景驱动^[7]的实验室建设思路,并将需求引导系统设计思想贯穿于实验教学整个过程。

二、应用场景驱动的课程实验建设

机器视觉系统高度依赖于应用场景,学生的工程实践能力和解决实际问题的能力也体现为各种需求下视觉系统的设计和实现能力。在不同的应用需求下,如何设计和实现视觉系统,成为学生必须掌握的技能。为了更好地满足这些需求,我们梳理了典型场景下的技术内涵和设备需求,以此为基础,进行有针对性的实验课程建设。目的是为了让学生在实践中掌握机器视觉技术的基本原理和算法流程,将视觉算法应用于各应用场景下的机器视觉系统设计开发中。

1. 典型场景应用需求与学生能力分析

机器视觉技术应用场景多样。从视觉成像、数据处理特点出发考虑,高速视觉系统、远心高精度测量系统、双目立体测量系统、高分辨率测量系统等具有典型性,相关系统和技术也在自动化产线、精密测量、立体测量、高分辨率图像信息采集等广泛应用^[8-12]。

从核心功能上,视觉系统可分为识别和测量两大类。在我院自动化大类课程体系中,除了《机器视觉》外,还设置有模式识别、机器学习、深度学习等课程,这些课程以模式识别和机器学习/深度学习方法为主,可着重解决视觉信息采集后的识别问题。在各专业的培养方案中,在机器视觉课程之前没有《图像处理》等前置课程。因此,《机器视觉》课程主要承担构建学生在机器视觉硬件系统搭建、经典视觉算法等方面知识结构和体系的作用。其实验课程中,则需要结合具体场景,使学生学习与掌握机器视觉技术的基本原理、算法流程,把视觉算法应用在各应用场景下机器视觉系统设计开发能力培养作为重点。

通过这种方式,学生能在实验课程中更好地理解机器视觉技术的实际应用,并在解决实际问题的过程中提高自己的工程实践能力。此外,学生还能通过自拟题目的创意实验,进一步激发自己的兴趣,强化成就动机,提高创新思维和实践能力。丰富的实验经历使学生相关知识基础扎实,技术全面,锻炼了他们的创新思维和动手能力。在升学、就业等考核面试过程中,学生凭借出色的实践能力和扎实的理论基础,受到了相关单位的高度评价。这样的成果,无疑证明了我们实验课程建设的成功,也为学生未来的发展打下了坚实的基础。

2. 实验系统定制

在这个科技飞速发展的时代,我们的教育方式也在不断创新和进步。定制化的实验设备,作为一种全新的

教学工具，正在为我们的教育注入新的活力。这种设备以场景驱动的方式，将机器视觉课程实验教学变得更为生动和实用，为学生提供更具有实用性和实践性的教学体验。这种定制化的实验设备，不仅为学生提供了丰富的学习资源，更为教师提供更灵活和多样的教学手段。教师可以根据学生的实际情况和课程需求，灵活调整教学方式和教学内容，使教学更加具有针对性和有效性。同时，这些设备也为课程实验教学的质量提升提供有力支撑。通过定制化的实验设备和项目，我们可以更好地将理论知识和实际应用结合起来，使学生在在学习过程中能够更好地理解和掌握知识，提高学习效果。

为了实现这一目标，我们先后与陕西维视智造科技股份有限公司、威海敏捷智汇工业互联网有限公司等合作进行远心高精度测量系统、双目三维测量系统、高分辨率测量系统、变焦高速测量系统、3D工业相机等视觉系统定制和各类探究性实验项目的开发和设计工作。这些定制化的实验设备和项目可以针对不同应用场景和教学目标设计出符合要求的实验内容和实验流程，能够更好地贴近行业应用和教学需求，从而达到更好的教学效果。

3. 多平台技术辅助构建

在这个充满活力和创新的年代，我们深知学生的学习需求和追求。为了支持学生的学习和创新性设计开发，针对课程不同学习阶段提供全方位、多平台开发支持，以满足不同课程学习阶段的需求。

(1) 应用维视公司提供的相机DEMO软件、Visionbank平台软件进行系统硬件性能、处理算法验证。这样，学生可以在实践中深入理解理论知识，将二者有机结合，从而更好地掌握专业知识。

(2) 提供Python、C++、matlab、C#、LabVIEW等多种编程语言的基础程序样例。学生参考这些代码，可更高效地熟悉图像采集控制和常见视觉处理算法，培养他们的编程能力和逻辑思维。

(3) 针对远心高精度测量系统、双目三维测量系统、高分辨率测量系统、变焦高速测量系统等典型视觉系统提供相应的实验讲义和资料，这些样例项目涉及不同的视觉算法和技术，帮助学生更好地理解和掌握不同应用场景下的视觉系统开发和应用方法。

在这一过程中，我们始终以学生为中心，关注他们的成长和发展，我们相信，通过全方位、多平台的开发支持，学生将能够更好地掌握专业知识，发挥创新潜能。

三、实验内容体系设计

从学生认识规律出发，精心设计了典型机器视觉系

统、基础算法、场景应用实践、自由探索等四个模块的实验项目，构筑了合理的实验内容体系。通过这些实验项目，学生可以更好地理解和掌握机器视觉技术在不同场景下的应用，提高他们的工程实践能力和解决实际问题的能力。

(一) 典型机器视觉系统认识实验

典型机器视觉系统模块是开展后续实验的基础。首先，在典型机器视觉系统认识性实验中，学生将了解机器视觉系统的构成和组成部分，学习并实践如何使用相机进行图像采集，如何设置曝光、焦距、光圈等参数，如何通过空过光源和滤波器来改变、控制图像的特性和质量。

通过认识性实验的学习，学生逐渐熟悉机器视觉系统的基本构成和操作方法，并为后续的实验打下坚实的基础。

(二) 基础视觉算法验证实验

基础算法原理验证性实验可以帮助学生快速掌握课程的基础算法原理，并且能够将这些理论知识迅速转化为实际的程序代码，增强学生的理论到实践的落地能力。在验证性实验中，学生首先可以通过实验系统自带Vision Bank软件进行边缘检测、图像分割、特征提取、目标检测、目标跟踪等各种算法的实验验证，借以直观感受各种算法处理效果。进一步，学生可以自由选择使用OpenCV、Matlab、Python等不同的软件平台和编程语言来实现算法，通过算法优化进一步理解算法的性能和特点。

(三) 综合应用实验

在综合应用实验模块中，学生将面临更具挑战性的任务。他们需要依托远心高精度测量系统、双目三维测量系统、高分辨率测量系统、变焦高速测量系统等设计具有应用价值的完整系统。该模块实验中包含系统搭建、程序控制、图像处理等多方面，具有明显的综合性。而为保证实验项目的应用价值，需要结合实际应用场景，考虑系统的精度、实时性、稳定性等因素，使学生能够真正体验到实际工作的挡路和乐趣。该模块实验最终的目标是培养学生解决实际问题的能力。教师要注意通过深入一线和现场，不断凝练需求，更新实验项目，保证技术的先进性。

(四) 创意与探索实验

最后，我们在创意实验项目中赋予学生充分的自由，让他们可以根据个人的兴趣和志向，自由选题。学生可以针对机器视觉领域中的研究热点、前沿技术进行探索；也可以从兴趣出发进行各种创意设计。在项目开

发过程中,学生尝试从不同的角度解决问题,这不仅有助于提高他们的视觉系统综合设计能力,更能激发他们的创造力和创新思维。

总之,通过分层次开展认识性、验证性、应用性和开发性、探索性实验项目,学生在实验过程中从建立直观印象、理解和掌握视觉系统的原理和算法,到逐步形成实践能力,这符合认识、理解、设计与创造的一般认知规律^[13, 14]。这样的教学方式,旨在培养学生独立思考、独立解决问题的能力,为他们未来的学术研究和职业生涯打下坚实的基础。

四、教学实践与效果

自《机器视觉》课程实验建设以来,在我院人工智能、机器人工程、自动化等本科专业应用中进行了多轮的教学实践。我们发现应用场景驱动的课程实验建设在实践过程中逐渐显露出其独特的优势和特点:

(1) 多种典型机器视觉系统为学生提供了丰富的应用场景,学生在认识和验证性实验中充分熟悉了视觉系统硬件,加深了对系统性能的理解,增强了系统落地能力。学生通过实际操作,了解了不同场景下视觉系统的应用,从而更好地掌握了机器视觉技术。

(2) 验证、优化、综合应用的实验安排,可以帮助学生理解机器视觉算法的基本原理和技术。通过实验,学生能将理论知识与实际操作相结合,从而更加深入地理解机器视觉算法的原理和应用。

(3) 典型场景下的综合性应用实验对学生更好地理解工程应用需求作用不可替代,可提高学生解决实际问题的能力,使他们能更好地应对工程应用中的挑战。

(4) 学生自拟题目的创意实验能更好地激发学生的兴趣,强化成就动机,对提高学生的创新思维和实践能力尤为重要。这种实验方式鼓励学生发挥自己的想象力和创造力,从而培养出具有创新精神的人才。

在实践过程中,我们发现这种以应用场景驱动的实验教学模式,能有效提高学生的学习兴趣和实践能力,取得了良好的教学效果。丰富的实验经历使学生相关知识基础扎实,技术全面,锻炼了创新思维和动手能力为学生在升学、就业等考核面试过程中深受相关单位的好评。我们将继续探索和完善这种教学模式,以适应技术发展的步伐,培养出能引领时代的、具备创新精神和实践能力的优秀人才。随着计算机视觉、深度学习等相关领域的飞速发展,如何加强本课程与相关课程内容、进度等方面的协调,以适应时代发展的需求,值得我们深入研究。

参考文献

[1] Roberts L. Machine perception of 3-d

solids[D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. 1965.

[2] Marr D. Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information[M]. Cambridge: the MIT Press, 2010: 1-5.

[3] 刘砚秋. 机器视觉技术的发展动态[J]. 电子元件与材料, 2014, 33(05): 93-94.

[4] 刘恋. 机器视觉在电子制造行业的应用[C]. 2011中国高端SMT学术会议论文集. 2011: 460-464.

[5] 黄佳兴, 孙晓, 雷张文等. 基于机器视觉的插销自动装配算法研究[J]. 湖南工业大学学报, 2023, 37(04): 42-49.

[6] 陈善星. 实时视觉伺服跟踪及多智能体协同控制[D]. 华南理工大学, 2017.

[7] 尹西明, 苏雅欣, 陈劲等. 场景驱动的创新: 内涵特征、理论逻辑与实践路径[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(15): 1-10.

[8] 郑西点, 袁浩巍, 杜正阳等. 一种高速视觉实时定位与跟踪系统的研制[J]. 上海电气技术, 2015, 8(01): 25-30.

[9] 祁昊. 基于远心镜头的结构光三维成像系统研究[D]. 中国科学院大学(中国科学院长春光学精密机械与物理研究所), 2023.

[10] 肖颖超. 基于双目视觉的立体测量系统的研究与实现[D]. 扬州大学, 2023.

[11] 杨洪涛, 何海双, 李莉等. 双目立体视觉测量系统的精度分析[J]. 传感器与微系统, 2020, 39(10): 58-61+69.

[12] 宋帅帅, 黄锋, 江燕斌. 基于机器视觉几何量测量技术研究进展分析[J]. 电子测量技术, 2021, 44(03): 22-26.

[13] 胥帅, 关东海, 许建秋等. 面向产业需求的高校人工智能人才培养研究[J]. 软件导刊, 2022, 21(07): 6-11.

[14] 杨广武, 胡松青, 张亚萍, 等. 建设四类实验资源 构建“分层次递进式”实验教学体系[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 159-162, 166.

本文研究受山东大学(威海)教研项目(项目号: Y2021049)和教育部产学合作项目(项目号202101287005)资助。

*通讯作者: 毕云峰