

计算机类课程贯通一体化建设—— 以“数据结构、图像处理”为例

徐金东 阎维青**

烟台大学计算机与控制工程学院, 烟台 64005

摘要 在新工科和 OBE 人才教育理念背景下, 随着当前计算机和人工智能技术的飞速发展, 各个院校加大了计算机视觉相关课程的建设, 数据结构和图像处理是计算机和人工智能等专业的核心基础课程和专业课程, 然而如何强化它们之间的联系进行融合式教学是目前进行人工智能相关课程教学所要解决的关键问题。本文以数据结构和图像处理课程为例, 针对课程所需要的理论基础、实践编程案例等不同内容, 设计实现核心基础课与专业课之间的有效衔接, 旨在搭建理论课教学内容整合、实践案例丰富的贯通一体化教学模式, 能够激发学生的学习兴趣, 提高学生的动手能力和实践应用能力, 以满足人工智能发展新形态下社会对计算机类人才的多元化需求。

关键字 新工科, 贯通一体化, 数据结构, 图像处理, 计算机视觉

The Integrated Coordination Construction for Computer Course -Take ‘Data Structure, Image Processing’ As an Example

Xu Jindong, Yan Weiqing

School of Computer and Control Engineering YanTai University
Yantai 264005, China
xujindong@ytu.edu.cn

Abstract—Under the background of new engineering and outcome-based-education (OBE) talent education concept, with the rapid development of computer and artificial intelligence (AI) technology, various colleges have increased the construction of computer vision-related courses. Data structure and image processing are the core basic courses and specialized courses of computer and artificial intelligence majors. However, how to strengthen the connection between them for integrated teaching is the key problem to be solved in the current teaching of AI related courses. Taking the course of data structure and image processing as an example, this paper designs and realizes the effective connection between core basic courses and specialized courses in view of different contents required by the course such as theoretical basis and practical programming cases, and aims to build a coordinated and integrated teaching model with integrated teaching content of theoretical courses and rich practical cases, which can stimulate students' interest in learning and improve students' practical application ability to meet the diversified needs of the society for computer talents under the new situation of AI development.

Keywords—New engineering, Integrated coordination, Data structure, Image processing, Computer vision

1 引言

在新工科教育和人工智能技术飞速发展的背景下, 社会对计算机类人才的理论知识和实践能力的要求越来越高^[1]。因此, 如何设计人工智能类专业课程教学以适应社会发展的需求是目前高等院校所面临的重要问题。数据结构是计算机和人工智能相关专业的最重要

的基础课^[2], 在硕士和博士研究生入学考查中均内容涉及(注: 当今大多机构的博士生入学采取的是申请制, 前期考试录取时, 数据结构作为考核内容之一)。以计算机视觉为代表的人工智能技术发展火爆, 其中图像处理是重要的基础技术^[3], 对培养学生掌握视觉大数据时代下的问题建模、数据处理、算法优化、实际应用等核心能力起着至关重要的作用, 是从事计算机视觉的本科生工程实践和研究生科学研究的重要前提^[4, 5]。数据结构与图像处理作为计算机和人工智能类专业学生的重要基础和专业课程, 能否学好和掌握这 2 门课直接影响到学生的后期发展。目前, 各个高校的计算机和人工智能相关专业都开设了相关的课程, 如“数据结构”“数据结构与算法”“图像处理”“图像通

* **基金资助:** 山东省优质研究生课项目“数字图像处理”; 烟台大学教改项目“人工智能专业的课程贯通一体化建设”; 国家自然科学基金项目“面向海岸带污染评估的多源遥感影像精细分类研究”(62072391)。烟台大学教改项目“基于 OBE 理念的毕业设计实践改革行动研究(jyxm2021025)”

** **通讯作者:** 阎维青 wqyan@tju.edu.cn

信”“图像分析与处理”“模式识别”“计算机视觉”等，并将实践能力培养作为该类课程的重点改革方向。

虽然众多高校对此类课程进行了教学改革，但从调研来看目前计算机科学与技术 and 人工智能相关专业的的基础类课程和专业类课程之间仍存在内容衔接不紧密问题。第一，传统的计算机类课程的教学均以各自为中心形成单独的知识体系，而对于各体系间的关联性、支撑性缺乏必要关注。例如：“数据结构”与“数字图像处理”之间知识独立，一般由不同的教师授课，课程之间很难衔接。第二，传统的教学方法过于强调抽象数据类型的定义及对应的实现方法，而使得让学生觉得枯燥和困难。对于一个初学图像处理又没有编程经验的本科生来讲，很难将这两部分知识统一起来进行综合运用。第三，现有的大多数改革措施没有从知识结构上分析学生掌握知识断裂的主要原因，不能从根本上提高学生的综合应用能力^[6]，随着以计算机视觉为代表的人工智能技术飞速发展，离散的知识不利于学生形成系统化的计算机问题解决能力，也不符合新工科大背景下的OBE人才培养教育理念^[7]。

贯通一体化人才培养模式以其连贯性和长周期性特征适应了高水平科研成果的产出规律及拔尖创新人才的培养规律^[8]，本文面向本科生教育的计算机和人工智能等相关专业课程体系，以“数据结构”和“图像处理”为例，分析这两门课程内容的本质联系，采用贯通一体化培养思路，通过改革传统教学方法，设计密切相关案例，探索有效的课程衔接教学策略，以拓展学生专业技能的广度和深度，优化形成基础课、专业基础课阶段与专业课阶段有效衔接的贯通一体化培养模式。

2 数据结构与图像处理课程的关系

数据结构和图像处理是计算机科学与技术、人工智能、智能科学与技术、物联网等专业的专业基础课和专业课，前者一般在大二上学期开设，后者一般在大二下学期开设，在课程设置上属于拓扑排序中的前驱与后继的关系，如图1所示。

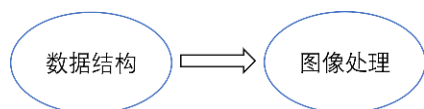


图1 数据结构与图像处理的拓扑关系

数据结构这门课是对结构化数据的有效表征，图像处理是数据结构课程的理论应用有效载体。图像处理课程是以图像数据为处理目标，介绍各种处理算法和方法。图像是典型的结构化数据，图像的存储结构一般是顺序存储，例如位图（BMP，Bitmap）文件含图像的描述信息、调色板、图像数据等，如图2所示。

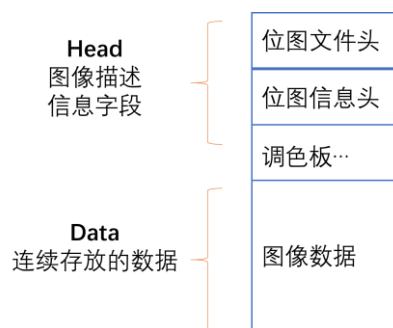


图2 位图文件的存储结构

图像既可以从像素统计的角度进行考量，与之对应的数据结构课程中二叉树章节的霍夫曼编码，又可以以像素间的关系进行建模，与之对应的是数据结构课程中图的章节，以建图的方式来处理图像。所以，数据结构是图像处理的基础，图像处理是数据结构的具体应用，二者密切相关。数据结构可以为后续的图像处理课程提供数据类型、算法设计和实际问题解决的思路和方法，图像处理基于数据结构的基础，重点关注图像结构、图像分析及处理算法的时间与空间复杂度分析。两门课程相辅相成，设计好理论课的教学内容衔接，有效摒除课程内容冗余，有助于基础与应用实践相互促进。

3 数据结构与图像处理课程的贯通一体化建设

针对数据结构与图像处理教学中衔接存在的问题，将看似分散的内容进行系统整合，相互贯穿，提高学生的处理计算机视觉问题水平，进而提高应用综合实践能力，进行课程的贯通一体化建设。措施如下。

3.1 针对数据结构在图像处理中的应用，设计有效的衔接和贯通理论课教学内容

在数据结构前期教学中，教师在讲授不易理解的概念及抽象度高的章节时，结合图像处理中的实际应用阐述知识点的意义，提高学生学习兴趣和热情的同时，加深对知识点的理解；数据结构中所解释的数学思想及算法设计也是计算机和人工智能研究的基础，将课堂内容与当前的技术热点紧密贴合，建立数据结构课程与图像处理等应用学科的直观联系。

(1) 选择合适的数据结构。

数据结构包含线性表、栈、队列、树、图等，而对于每种数据结构又包含不同的算法及不同的实现方式，如在线性表中，有创建、插入、删除、检索、排序等，因此该课程内容多、概念抽象。如果将所有的数据结构知识都包含进该课程，则不能突出重点，且会花费过多的学时，本课程面向实际应用，讲授图像处理中常用的数据结构及在该数据结构中的常用算法。

(2) 选择合适的图像算法。

图像处理技术包含图像增强、复原、分割、配准、融合、特征提取、分类识别等诸多方面，而每个方面又都包含不同的算法。本课程选择的图像算法宜简单，且能够用有代表性的数据结构来实现，如区域生长法可以用栈结构来实现、大津阈值法可以采用数组寻优的方式来实现。在讲授时，对图像算法原理的介绍不宜占用过多学时，而应重点突出图像算法与数据结构的结合。

本文的教学团队探索了数据结构与图像处理部分内容衔接教学，例如二叉树在图像分割中的应用为例，利用最优二叉树的性质、二叉树的遍历方法等知识，设计图像分割算法，并进行了简单分析，并在实际授课中发现相关内容比传统教学更能提高学生的兴趣和教学质量。

3.2 结合图像处理中的数据结构需求以及最新的前沿发展，建设有效的衔接两门课程的实践案例

数据结构课程主要关注学生数据的存储、处理以及算法设计、分析等应用能力。因此，大多高校的数据结构课程均会配置对应的实践教学环节，针对理论课讲述的数据逻辑结构、算法设计等开展实验验证与对比分析。但考虑到数据结构本身涉及的知识点较多、覆盖面比较广，理论知识本身具有一定的抽象性，加之大部分学生前期的代码实现能力较弱，数据结构实践内容的设置往往依托于教材中的例题、习题，实验内容简单但缺少趣味性，难以激发学生的学习兴趣。因此，在课程实验和课程设计环节，根据计算机视觉、图像处理领域最新研究进展，开发了如下与图像处理有关的案例。

(1) 二叉树中的霍夫曼编码与图像压缩。

霍夫曼编码在数据结构的二叉树章节，是一种数据编码方式，霍夫曼树即是最优二叉树。用带权路径长度最小的二叉树对数据进行重编码，应用于图像压缩，即我们日常使用的 JPEG 格式图像。因此，案例可以基于霍夫曼编码图像压缩技术的原理，设计灰度图像的压缩算法和解压缩算法，验证霍夫曼编码理论的合理性和可行性。

(2) 图理论与深度学习。

图神经网络是如火如荼发展的深度学习的典型代表，在数据结构的图论章节，图是一种具有节点和边的结构化数据的一种方式，但它本身也可以是数据点。神经网络是一种特殊的图，但它们具有相同的结构，因此具有相同的术语、概念和规则。因此，案例可以基于图理论，对实际图像进行建立图架构，设计一种

基于图神经网络的图像特征提取方法，把理论知识付诸实践以深入理解和掌握图理论。

(3) 串的模式匹配与图像检索。

在数据结构的串的章节，串的模式匹配中介绍的 BF 算法和 KMP 算法常常让学生难以理解。实际上字符串匹配问题有很广泛的用途：我们每天使用的 windows 中的文件查找或是 word 文档中的文字内容查找，都是字符串匹配问题的实现，我们能在搜索引擎上查找含有相应关键字的网页，也离不开字符串匹配。为了更好的理解串的模式匹配的 BF (Brute Force) 算法和 KMP (Knuth Morris Pratt) 算法，可以根据上一案例构造对表征图像内容有意义的图像特征，然后根据字符出现的概率对字符表征意义的重要性，把图像特征动态映射成字符串形式，采用字符串匹配技术实现图像检索，并验证不同算法的检索效率。

(4) 图架构与图像分割。

图像分割的主要目的也就是将图像分割成若干个特定的、具有独特性质的区域，然后从中提取出感兴趣的目标，在自动驾驶、地物解译、目标识别等领域有着广泛的实际应用。基于图架构的分割算法经久不衰，因此，该案例可以设计为以下简单场景，将目标图像映射为无向图，顶点为像素，边对应于一对相邻顶点，边上具有相应的权重来衡量顶点之间不相似性的非负度量，基于最小能量函数（或其他目标函数），实现最优图像分割。

(5) 迷宫问题与二值图像。

数据结构课程中的栈、队列和图（深度优先算法和广度优先算法）等内容都可以解决迷宫问题，而从图像的角度来看，迷宫就是一幅二值图像。实际上在数据结构中介绍的几种解决方法，都是将迷宫建模为二值矩阵，即二值图像。因此，设计基于二值图像处理求解迷宫问题，结合 4 邻域原理，在单一像素域中找到一条可以连接出入口的连通域。

4 评价实施

自 2019 年秋季学期开始，针对数据结构和图像处理课程的贯通一体化融合教学改革，根据上述内容设置进行，对烟台大学 2020 级和 2021 级智能科学与技术专业进行了教改实施。

4.1 学生问卷调查

对实施教改的 158 名学生进行了实施效果问卷调查，收到有效问卷调查 145 份。问卷统计结果如图 3 所示。

调查结果显示，有 72.58% 的学生认为现在教学中的数据结构课程和图像处理课程联系非常紧密或比

较紧密,有 74.87% 的学生非常赞成或觉得可以将图像处理问题作为数据结构的课程设计或上机实践问题,有 92.32% 的学生认为利用数据结构理论知识求解图像处理问题对激发自己学习数据结构和图像处理课程的兴趣非常有用。

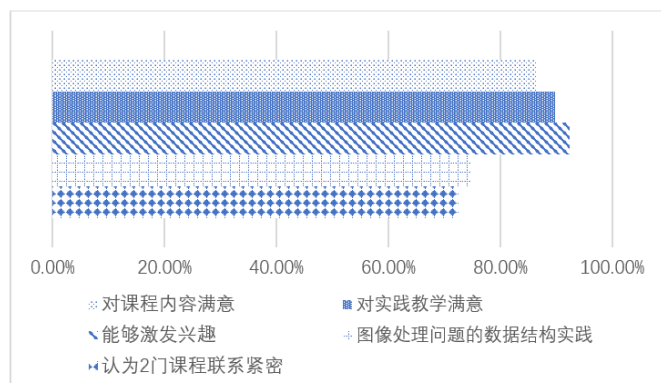


图 3 实施效果问卷调查结果统计图

4.2 建设效果

经过 3 年多的教学实践和不断完善,取得了显著成效,2021-2023 年间,数据结构和图像处理课程的成绩明显提高,学生参加国家级、省部级以上蓝桥杯程序大赛和创新创业大赛并获奖的人数大幅提高,如表 1 所示。

表 1

年份	数据结构平均分	图像处理平均分	省级以上竞赛获奖/项
2017-2020	67.25	80.41	26
2021-2023	78.37	88.54	56

实施效果表明,探索数据结构和图像处理课程的贯通一体化融合教学,特别是将图像处理的有关计算机视觉问题求解作为数据结构课程的上机实践问题,能够前后呼应,不仅能使学生对于抽象的数据结构知识有较为具体的直观感受,而且能拓展图像处理课程实验案例的知识广度与深度,培养学生面向对象建模思维,激发学生学习这两门课程的兴趣,有利于知识的理解和掌握,深化这两门课程的联系和教学改革。

5 结束语

在新工科和 OBE (Outcome-Based-Education) 人才教育理念背景下,社会对计算机和人工智能类人才的知识理论和实践能力要求越来越高^[9]。本文以数据结构课程和图像课程为例,针对不同的应用场合,设计实现专业基础课与专业课之间的有效衔接,旨在通过理论课教学内容整合、实践课程内容体系,搭建既相互贯通又各自独立的一体化内容,体现了理论体系的完整性、科研案例的丰富性和实验素材的完备性。贯通一体化教学有效实施能够激发学生的学习兴趣,兼有“学而时习之”和“温故而知新”的特点,提高学生的动手能力和实践应用能力,以满足人工智能新形态下社会对计算机类人才的多元化需求。

本研究是在烟台大学智能科学与技术专业的两个班小范围内实施本教学改革,也可以扩展到人工智能、软件工程、计算机科学与技术等相关专业。根据实际实施效果进行优化和改进后,可推广到相关专业大学二、三年级的课程衔接和贯穿,进而扩大到其他新工科专业的课程贯通一体化建设中,如土木、机械、海洋、生物等专业,具有显著的推广应用价值。

参考文献

- [1] 余超,冯昭赫,张俊格.“人工智能”课程教学模式改革及创新实践[J].计算机技术与教育学报,2022,10(4):42-45
- [2] 王燕,罗佳琪,王曙燕,潘晓英,曾艳,白琳.能力导向的数据结构课程“五环节”混合教学改革[J].计算机教育,2023,337(01):76-80
- [3] 陈芳,张道强.基于研究性学习的数字图像处理课程教学改革[J].软件导刊,2020,19(12):48-50
- [4] 田伟,邓承志,吴朝明,等.基于OBE理念的《数字图像处理》课程教学改革与实践[J].当代教育实践与教学研究,2020(3):191-192
- [5] 彭辉,刘善梅,翟瑞芳.新工科背景下的数字图像处理课程教学改革[J].计算机教育,2023(3):179-183
- [6] 陈武辉,周晓聪.程序设计和离散数学课程融合的教学探索[J].计算机教育,2023(3):76-80
- [7] 李志义.中国工程教育专业认证的“最后一公里”[J].高教发展与评估,2020,36(3):1-13
- [8] 谢凤英,张浩鹏,姜志国,等.图像工程课程群本研贯通一体化一体化建设[J].计算机教育,2017(10):145-150
- [9] 杜文峰,朱安民,袁琳.基于新工科理念的软件工程可成建设[J].计算机技术与教育学报,2022,10(5):62-66