

《数字信号处理》课程“三度”案例式教学方法

曾金芳

湘潭大学物理与光电工程学院, 湖南 湘潭

收稿日期: 2024年10月16日; 录用日期: 2024年12月3日; 发布日期: 2024年12月10日

摘要

为了提高学生的实践能力和创新能力, 文章提出《数字信号处理》课程“三度”案例式教学方法, 即选取的教学案例有温度、有热度、有深度, 也就是将经典的理论知识与教师科研、前沿技术以及中国贡献相结合。以“FIR数字滤波器”知识点为例进行了具体的介绍。“FIR数字滤波器”的教学案例包括导入案例、拓展案例、应用案例以及信息技术创新案例。丰富的案例从不同的角度拓展和延伸了FIR数字滤波器知识点, 使学生在掌握基本知识的同时, 锻炼了实践能力、创新能力、分析和解决实际问题的能力; 丰富了知识面, 培养了信息素养; 更重要的是增强民族自信, 有致力科技兴国的决心。对于《数字信号处理》课程的教学改革具有一定的参考价值。

关键词

数字信号处理, 数字滤波器, 案例教学, 信息技术

“Three-Degree” Case Teaching Method in “Digital Signal Processing”

Jinfang Zeng

School of Physics and Optoelectronic Engineering, Xiangtan University, Xiangtan Hunan

Received: Oct. 16th, 2024; accepted: Dec. 3rd, 2024; published: Dec. 10th, 2024

Abstract

In order to improve students' practical and innovative abilities, a three-degree case teaching method for “Digital Signal Processing” course is proposed in this paper, which selects cases with temperature, heat, and depth. The method is combining classic theoretical knowledge with teachers' researches, brand-new technologies, and Chinese contributions. A specific introduction is given selecting “FIR

digital filter” as an example. The teaching cases of FIR digital filter include introduction cases, expansion cases, application cases, and information technology innovation cases. The rich cases expand and extend the knowledge of FIR digital filter from different perspectives, enabling students to master basic knowledge, exercise practical, innovative, analytical and solving problems abilities. Students enrich knowledge and cultivate information literacy. More importantly enhance national confidence and have the determination to contribute to the development of science and technology for the country. This has certain reference value for the teaching reform of “Digital Signal Processing” course.

Keywords

Digital Signal Processing, Digital Filter, Case Teaching, Information Technology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着技术的高速发展，我们进入了一个信息化、数字化的时代，没有信息化就没有现代化。而数字化是信息化的基础，数字化技术的核心是数字信号处理技术。

《数字信号处理》课程就是研究数字信号处理技术的课程，在《信号与系统》课程的基础上，深入分析 z 变换、离散傅里叶变换及其快速算法、数字滤波器设计、数字系统的实现、数字系统的有限字长效应等[1]。该课程理论性强，综合了数学、电路、信号、系统和信息等领域知识。作为一门信号类课程，《信号与系统》侧重理论，《数字信号处理》则侧重技术的实现，是现代通信理论、自动控制、故障诊断、人工智能、模式识别等课程的基础。其应用极其广泛，从传统的语音、图像、生物医疗、通信、汽车到人工智能、消费电子等前沿技术，再到航空航天、天眼、深海探测等国家重大需求都离不开数字信号处理技术的发展。

在信息化、智能化时代，《数字信号处理》课程作为电子信息类的专业基础课，对于新一代信息技术产业人才的培养具有重要的地位，对于夯实信号处理理论基础，培养学生的科学思维能力、实践能力和创新能力都具有重要的作用。因此，高校相关教师和学者对《数字信号处理》课程进行了多方面的教学改革探讨和实践。文献[2]介绍了一流课程的教学改革与成效；文献[3]探究了课程中的思政元素；文献[4]-[6]分别介绍了课程中的层次化教学、四维融合混合式教学和以 OBE 理念为导向的课程改革与实践。

在常年主讲《信号与系统》和《数字信号处理》课程的基础上，课程团队对《数字信号处理》课程进行了教学改革，包括线上线下混合式教学、课程思政教学、案例式教学、实践教学等，保证知识目标、能力目标和思政目标三位一体的教学效果。课程获批校级在线开放精品课程和省级课程思政示范课，基于智慧树建设了在线学习平台和知识图谱。

本文介绍课程团队在《数字信号处理》课程教学中的“三度”案例式教学方法。

2. 《数字信号处理》课程案例式教学方法

为了更好地进行理论教学，加深学生对知识的理解和掌握，提高学生的实践能力、创新能力、分析和解决实际问题的能力，本课程教学实施“三度”案例式教学方法，即在教学中引入“有深度、有热度、有温度”的案例。其中，“有深度”指的是将经典的理论知识进行拓展，介绍典型应用案例，包括日常

生产生活、行业技术领域等，与教师科研相结合，让旧知活起来、新起来；“有热度”指的是案例与前沿技术有关，如物联网、人工智能；“有温度”指的是案例与中国元素、中国贡献有关，如通信、航天、深海等。有些引入的案例同时融合了上述“三度”的两度或者三度，通常一个知识点的教学需要引入多个案例，从不同的角度和方面来进行学习。

例如，学习“信号的运算”知识点，引入雷达测距和时间反转技术案例(有深度的案例)；学习“卷积运算”知识点，设计了室内混响声学案例(有深度的案例)，并引入卷积神经网络，介绍卷积运算在深度学习中的应用(有热度的案例)；学习“采样”知识点，引入不同采样频率对声音信号、图像信号进行处理的案例(有深度的案例)，同时拓展到压缩采样，再简单介绍对压缩采样研究有突出贡献的华人学者——陶哲轩数学家(有深度和温度的案例)。

3. 典型样例——“FIR 数字滤波器”的“三度”案例式教学实践

数字滤波器理论及设计是《数字信号处理》课程重要的知识点，按数字滤波器的单位脉冲响应序列的长度可以分为无限长脉冲响应滤波器(Infinite impulse response, IIR)和有限长脉冲响应滤波器(Finite impulse response, FIR)两种类型。本文以“FIR 数字滤波器”知识点教学为例，具体介绍本课程的“三度”案例式教学实践。

3.1. 导入案例——有深度和热度的案例

在导入部分，以“大篷车轮效应”和“鸡尾酒会效应”两个案例，即人眼和人耳的滤波功能为例引入滤波器的概念。“大篷车轮效应”是什么现象呢？比如当你坐在高速行驶的汽车里，你看到其它车道的汽车有时候像停止了，有时候甚至在倒退。其实其它车道的汽车也在高速行驶，但是人眼有滤波的功能，把轮胎旋转信号的高频成分滤除了。在摄影、电影特效中为了特殊的拍摄效果，会特意模仿这种效应。“鸡尾酒会效应”说的是人耳的特殊功能，就是在嘈杂的环境下有选择的能力，也就是滤波的功能，即在人声嘈杂场合，人耳能清楚地听到熟悉的人说的话或者感兴趣的话题。机器听觉就是希望机器具有人的这种特殊功能。

再以含噪的语音信号和图像信号说明信号处理中的滤波一般是指滤除信号中的噪声，比如模式识别中的语音和图像处理都需要预先进行去噪处理。

3.2. 拓展案例——有深度和热度的案例

学习完 FIR 数字滤波器的基本知识后，对数字滤波器进行拓展，包括三个案例：维纳滤波器、多维数字滤波器、与人工智能的关系，让学生了解滤波器技术的发展趋势。

1) 维纳滤波器

在课程中学习的数字滤波器属于经典滤波器，只适用于信号和噪声的频谱是可以区分的情况，而如果信号和噪声的频谱是混在一起的，则只能用现代滤波器。维纳滤波器是最常用的现代滤波器，教学中会补充介绍维纳滤波器的提出背景、思想、简单计算过程以及应用示例。

2) 多维数字滤波器

在课程中学习的数字滤波器都是一维的，而实际中的信号往往受多个因素的影响，尤其是复杂环境下的信号，因此对于多维的信号要用多维数字滤波器来处理。多维数字滤波器的输入信号、输出信号、单位脉冲响应函数、频率响应函数以及系统函数都是多维的。多维数字滤波器的设计方法同一维的数字滤波器，只是自变量是多维的，如多维 FIR 数字滤波器的设计方法也包括窗函数设计法和频率取样法。

3) 与人工智能的关系

虽然数字滤波器与人工智能没有直接的关系，但是它们之间存在联系，相互促进和发展。数字滤波

器可以在某些应用中与人工智能结合使用，这也是人工智能算法的发展方向之一；也可以在处理复杂信号的数字滤波器设计的时候，充分利用人工智能的优势，借助人工智能算法优化参数或性能。随着技术的不断发展，未来它们之间的联系也将越来越紧密。

3.3. 应用案例——有热度和温度的案例

FIR 数字滤波器的应用很广泛，如射频、物联网、生物医学、音频信号、国家重大需求(如航天器、卫星)等，选取两个典型的案例介绍 FIR 数字滤波器的应用。

1) 惯性测量单元中的应用

惯性测量单元(Inertial measurement unit, IMU)是一种重要的惯性导航技术，应用领域从消费电子到工业机器人再到航空航天等领域均有涉及。FIR 滤波器可降低 IMU 输入带宽，聚焦于较窄的低通活动频段，不会抑制高频活动。预计到 2025 年全球市场规模将达到 30.2 亿美元左右，利好 FIR 滤波器行业发展。在介绍 IMU 的时候简单介绍我国航天事业的发展，再与 FIR 数字滤波器结合起来。

2) 音频处理中的应用

首先介绍两款智能音箱，第一个是亚马逊的“echo”，这个产品的上市对全球智能硬件的研发有非常重要的意义；第二个是京东和科大讯飞合作研发的“DingDong”。在音频处理领域，FIR 滤波器可以修正频率响应，而不影响相位响应；也可以修正相位响应而不影响频率响应；还可以同时修正频率响应与相位响应。

新思界行业分析人士表示，在 IMU 领域，主要是采用卡尔曼滤波器，FIR 滤波器应用比例低；在音频处理领域，FIR 滤波器也较大的可能会被新型音频专用滤波器所替代。未来 FIR 滤波器行业发展存在被取代的可能性。因此技术需要进步，唯有创新才有出路。

3.4. 信息技术创新案例——有热度和温度的案例

为了说明创新的重要性，引入了信息技术领域的创新案例。

数字滤波器技术是信号处理技术，也是信息技术的一部分。人类社会自 20 世纪 60、70 年代进入信息时代以来，信息技术取得了翻天覆地、日新月异的发展。例如在半导体领域，摩尔于 1965 年提出了著名的摩尔定律。摩尔定律之所以能一直成立，信息技术之所以能发展这么迅速，其中一个重要的原因是信息产业科学家和工程师们不懈奋斗、不断创新，推进技术的发展。摩尔定律是一面创新的旗帜，我们必须不断创新，加速创新，才能不被时代淘汰。

再以“柯达的衰落”以及“诺基亚转型的失败”两个案例说明创新的必要性。

最后，以华为和北斗两个民族案例，引申到我们要坚持自主创新，增强学生的民族自豪感。

4. 教学效果

本课程教学采取“三度”案例教学法，取得了良好的教学效果。通过有温度、有热度和有深度的丰富案例，学生更好地掌握了知识，认识到了理论知识的重要性；丰富了学生的知识面，培养了信息素养和家国情怀；同时，学生的实践能力、创新能力、分析和解决实际问题的能力得到了锻炼和提高；教师也能进一步深化知识理解，强化理论与实践的联系，实现真正良性的“教学相长”和“科教融合”。学生在学科竞赛、创新项目、专利、论文等方面都取得了不错的成绩。对部分学生问卷调查统计，学生对创新能力、分析和解决复杂问题能力的满意度和非常满意度占比都是 93.7%。

5. 结语

本文以“FIR 数字滤波器”知识点为例，介绍《数字信号处理》课程的“三度”案例教学方法，提高

了课程教学质量，能很好地达成知识传授、能力培养和价值塑造三位一体的教学目标，对于《数字信号处理》课程的教学改革具有引领示范作用，同时，对于其他工科课程的改革也具有一定的借鉴意义。

基金项目

校级教改项目(基于知识图谱的信号类课程的个性化混合式教学改革探索)。

参考文献

- [1] 吴镇扬. 数字信号处理[M]. 第二版. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [2] 乔建华, 张雄, 李素月, 等. “数字信号处理”一流课程的教学改革与成效[J]. 电气电子教学学报, 2023, 45(5): 28-32.
- [3] 于燕婷, 李龙梅, 欧阳华, 等. “数字信号处理”课程中思政元素探究[J]. 电气电子教学学报, 2023, 45(5): 86-89.
- [4] 马雷, 时愈, 元海文. “数字信号处理”课程层次化教学设计研究[J]. 教育教学论坛, 2023, 6(25): 67-70.
- [5] 吴志敏, 代玲莉, 曹敦, 等. 元宇宙背景下面向数字信号处理课程的四维融合混合式教学改革[J]. 计算机教育, 2023, 11(11): 80-84.
- [6] 郝慧艳, 李静怡, 郝利华, 等. 以 OBE 理念为导向的数字信号处理课程改革与实践[J]. 大学教育, 2023(3): 27-30.