

# 面向工程实践理念的数字信号处理课程教学方法

王秋生 张军香 董韶鹏

(北京航空航天大学,北京市,100191)

**摘要:** 数字信号处理技术的迅速发展和广泛应用,使数字信号处理课程成为高等工科教育中最重要课程之一。本文系统地分析了在自动化专业开设该课程面临的实际问题,提出了面向工程实践教学理念的教学方法,从内容设置、课堂教学、实践教学等多个层面阐述了它的具体实施策略,并给出了实施该方法取得的实际效果。本文提出的面向工程实践理念的教学方法并不局限于数字信号处理课程,也可以为跨学科开设其他课程及其建设与改革提供有益的参考。

**关键词:** 教学方法; 工程实践; 实践教学

## Engineering Practical Concept Oriented Teaching Approaches of Digital Signal Processing

Qiusheng Wang, Junxiang Zhang, Shaopeng Dong

(Beihang University, Beijing 100191, Beijing, China)

**Abstract:** Digital signal processing has been rapidly developed and widely applied in many engineering fields. It makes it become one of the most important courses in higher technological education. In this paper, the real problems of the course opened in the major of automation science are analyzed systematically and proposes the teaching approach which is based on the engineering experience concept. The detailed operating strategies are deeply discussed from teaching content setting, classroom teaching to practical teaching. The effectiveness of the presented teaching approach is also given in this paper. The proposed teaching method is not limit only to the course of digital signal processing. It will be a beneficial reference for the curricula construction and teaching reform of the other interdisciplinary courses.

**Key Words:** Teaching approach; engineering practice; practical teaching

### 引言

微电子技术、计算机技术和网络技术的快速发展,数字信号处理理论研究日趋深入、工程应用日益普及。数字信号处理技术已经广泛应用于通

信电子、媒体网络、智能控制、生物医学、航空航天、交通运输、经济金融等诸多领域,并成为影响社会和经济发展的最关键技术之一。国内外很多理工科院校将数字信号处理技术设置为专业课程或选修课程。作为理论和实践紧密结合的基础课程,数字信号处理受到了国内高等院校的普遍重

---

联系人: 王秋生, wangqiusheng@buaa.edu.cn. 第一作者: 王秋生(1971年出生—),男,博士,副教授,北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院骨干教师。

基金项目: 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会专业教育教学改革研究课题(2015A26)。

视,并开展一系列教学内容、教学方法和教学实践的改革,对课堂教学、实践教学和辅助教学等教学方法和实践研究<sup>[1-9]</sup>,推动了数字信号处理课程的日益普及和教学水平的不断提高。

目前,数字信号处理课程的教学方法和教学实践主要针对电子和通讯领域。本文将针对自动化专业开设该课程存在的实际问题,重点论述面向工程实践教学理念的教学方法,并给出具体实施过程和取得的实际教学效果。

## 1 数字信号处理课程存在问题分析

数字信号处理技术根植于通讯与电子工程,使得在自动化专业开设该课程面临着诸多问题,具体表现如下:

1) 课程内容抽象:数字信号处理课程内容来源于工程实践,却采用抽象的数学符号对其进行描述。国外学者用“幽灵”来形容该技术,也从侧面说明课程内容的抽象性。在自动化专业开设该课程,由于缺少先修课程——信号与系统的知识基础(仅用自动控制原理替代)。如在讲授采样过程时,基本不对 $\delta(t)$ 函数性质进行展开,而直接应用 $\delta(t)$ 函数的筛选性质,这些性质在自动控制原理课程中鲜有论述,而在信号与系统课程中讨论的比较深入。自动化专业学生缺少先修课程知识,不仅给任课教师带来授课困难,也使得部分学生对数字信号处理课程产生畏难情绪。

2) 课程内容受限:数字信号处理技术最早起源于通信电子工程领域,传统教学内容和实例都与通信技术密切相关。经典的数字信号处理教材,如A. V. Oppenheim著的离散时间信号处理、Sanjit K. Mitra著的数字信号处理——基于计算机的方法,John G. Proakis著的数字信号处理——原理、算法与应用等,授课背景和工程实例都以通信和电子工程为背景,很少涉及与自动控制相关的内容。由于与控制有关内容与素材比较匮乏,既给教学活动带来不便,又使部分学生失去了兴趣,特别是降低了学科归属感。如何降低课程背景的负面影响,也是课程建设和改革面临的实际问题。

3) 重理论轻实践:数字信号处理课程内容的抽象性使部分学生忽视了工程实践形式,而传统应试教育中根深蒂固的重视基础理论学习、重视

考试分数、忽视工程实践锻炼的陈旧观念,也使部分学生轻视课程实践环节。与此同时,以往的课程实验主要集中在概念和原理验证型实验,如给定两个时间序列计算线性卷积,或采用傅里叶变换方法在频域计算它们的线性卷积,而没有充分考虑到工程领域对这些内容在速度、精度上的需求。从总体上讲,数字信号处理课程的实践教学滞后于理论教学,因此加强实践教学内容势在必行。

4) 实践学时较少:受教学条件和学时总数的客观限制,目前理论教学为32学时、实践教学为12学时,授课学时和实践学时远低于麻省理工学院、加州大学圣芭芭拉分校、多伦多大学等国外名校。实践学时相对不足使学生没有充足时间接受系统性的实践锻炼,特别是涉及DSP硬件操作的内容更是如此。如利用DSP处理器采集语音信号实验,由于涉及DSP硬件知识和CCS软件编程问题,导致无法再为其他实验提供实践学时(根据前些年经验,大部分学生感觉实验时间不足),减少了理论与实践相结合机会,也为数字信号处理课程的全面、系统的教学活动带来了挑战。

5) 授课时间特殊:数字信号处理课程开设在大学四年级上学期,部分学生面临着研究生入学的考试压力,对课程学习和实践环节采取消极或漠视态度,不仅无法保证课后作业与课程实验的质量,而且出现抄袭作业和剽窃仿真实验代码的情况。虽然采取了必要的预警措施和惩罚措施,但仿真实验环节出现雷同现象并没有根本性的好转。授课时间的特殊性给教学工作带来了不利的影响,实践教学环节所受影响更为明显。

数字信号处理课程存在的上述问题,致使理论与实践脱节,使学生产生消极抵触心理,不利于培养宽口径、复合型的专业技术人才。因此,需要在教学工作中突出面向工程实践的教学理念,以此带动数字信号处理课程教学的健康发展。

## 2 面向工程实践教学理念及其内涵

在数字信号处理课程中引入面向工程实践的教学理念,其内涵是在课程内容、课堂教学、实践教学教学中增强工程实践背景,提高相关知识的实践性,以此激发学习兴趣和工程实践意识,最终显著提升课程教学质量。数字信号处理课程的面向工

程实践理念教学方法的逻辑结构如图 1 所示。

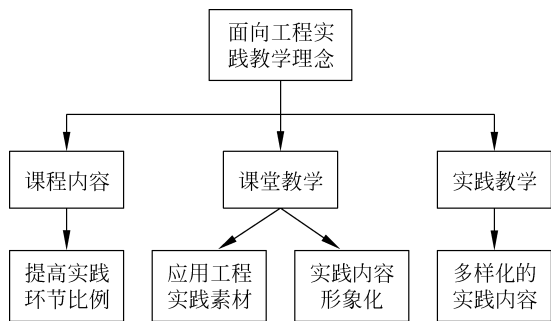


图 1 面向工程实践理念教学方法的逻辑结构

Figure 1 The logic structure of the engineering practical concept oriented teaching approaches

### 2.1 通过课程内容优化提高实践环节比例

数字信号处理课程内容来源于通讯领域、部分内容难以适应自动化专业教学要求。在保持课程概念体系和知识结构完整前提下,尽可能摒弃仅用于通讯领域的部分内容,而用控制学科的典型实例进行替代,特别是提高反映控制学科的实践性内容比例,以降低缺乏背景知识或缺少先修课程知识(信号与系统)带来的负面影响,增强数字信号处理课程的学科归属感,以此提高学习主动性。例如,关于数字滤波器的应用部分采用了对机械振动信号滤波的具体实例,而没有选用传统教材中对雷达信号或声呐信号滤波的实例。

与此同时,针对数字信号处理授课学时数偏少(仅 32 个学时)、特别是实践环节学时不足(仅 12 个学时)的实际问题,除了在授课过程中引入带有工程实践背景的实例之外,还在课后作业中增加了有工程实践背景的仿真作业,让学生利用课外时间通过仿真实验方式弥补实践环节学时不足的瑕疵,这在数字信号的傅里叶分析、数字滤波器应用等章节的作用尤为明显。

通过合理取舍数字信号处理课程教学内容和安排实践型课后仿真作业,既突出了控制学科的固有特点,又在一定程度上提高了实践型内容所占的比例,对于提高学习兴趣、增强学科认同感是非常有益的。经过了几年的努力,学生对数字信号处理课程的认可度有了明显的提高。

### 2.2 利用工程实践素材提高学生学习兴趣

传统数字信号处理教学过程侧重于基础理论教学,强调概念体系和知识体系的系统性与完整

性,而忽视课程内容的直观性与实践性。虽然授课过程看似无懈可击,但是使得部分学生失去兴趣,对基础知识欠佳的学生更是如此。为了提高授课内容的直观性与实践性,增强了数字信号处理前沿发展与工程应用介绍部分,以此拓宽学生的知识视野和实践意识。例如,在授课过程中介绍了根据太阳黑子数目的实测数据,利用傅里叶变换计算太阳活动周期的实例。与此同时,采用启发式教学方法,引导学生逐步从基础理论空间进行入到虚拟实践空间,通过梯次有序的启发式引导,使学生建立起从理论到工程实践的思考意识,从而充分领悟数字信号处理课程内容的实用性。

虽然数字信号处理的授课对象是备考硕士研究生大学四年级学生,但是在授课过程中引入工程实践素材、增加工程实践范例,既提高了课程内容的实践意识,又激发学生的学习兴趣 and 热情,不仅使更多学生回归课堂,明显地提高了出勤率,而且改变了部分学生的“唯分数论”观念,这对培养高素质的实践型工程师尤为重要。

### 2.3 利用多媒体技术使工程实践形象化

用数学符号方式描述数字信号分析和处理过程,是数字信号处理课程内容抽象性的外在表现,也是部分学生将其误认为纯理论课程的重要原因。如何提高授课内容的可理解性、降低学习难度是课堂教学亟待解决的问题。为此,在课堂教学过程中采取了板书教学和多媒体教学相结合的策略:既利用板书教学描述概念清晰、控制授课节奏容易的优点,又利用多媒体教学展示方法多样、提供信息丰富的优点,即通过声音、图形、图像、视频、动画等形式展示数字信号分析与处理过程,或展现该领域国内外的最新工程实践成果,使抽象概念形象化、理论符号具体化、分析过程直观化,让学生在较短时间内获得清晰的分析与处理图景。例如,讲授基于离散傅里叶变换的振动信号分析时,就采用了声音和动画相结合的多媒体方式。

将多媒体技术用于课堂教学,特别是用于工程实践性强的授课内容,不仅提高了数字信号分析与处理过程的直观性、降低了理解难度,而且使学生对“遥不可及”实践内容产生了直观概念或图景,有效地拓宽了学生的知识与学术视野,最终调动了学习积极性和参与实践意识。

2.4 多样化实践内容以满足多元化需求

课程实验是体现数字信号处理课程的工程实践教学特色的重要方面,也是提高学生工程实践能力的重要途径。处于信息时代的学生,学习目差异大且追求多元化,必然使实验教学必须走向多样化。传统的“一刀切”式的实践教学没有给学生选择实验内容的任何余地,已经无法满足学生培养的个性化需求,因此,实验教学向着多样化、个性化发展势在必行。为此,在数字信号处理实验教学中采用了课程实验分级设置和规范化考核方法:将所有实验划分为概念原理型实验、知识应用型实验和工程实践型实验三个级别,学生可以在每个级别中任选若干个实验,并根据统一评分标准评定实验成绩。课程实验的分层结构如图 2 所示。

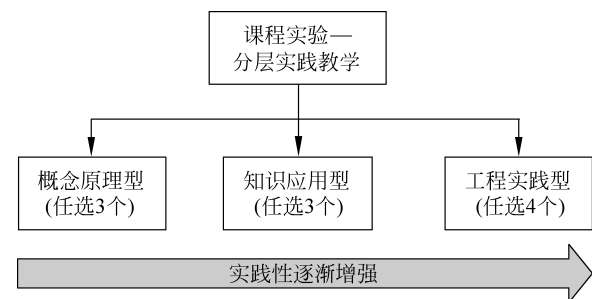


图 2 课程实验中的分层实验方法  
Figure 2 Thelayered method in the experimental course

概念原理型实验主要对基本概念与基本原理进行验证与分析;知识应用型实验主要对信号分析和典型应用进行再现与分析;工程实践型实验主要对有工程背景的数字信号进行分析与处理。迄[今为止

数字信号处理课程存在的实际问题,为教学方法研究阐明了清晰的背景。

(2) 系统地阐述了面向工程实践理念教学方法的基本思想,并从内容设置、课堂教学、实践教学等多个层面阐述了它的内涵。

(3) 简要地给出面向工程实践理念教学方法在自动化专业的数字信号处理教学中的具体实施以及取得的良好教学效果。

将工程实践理念渗透到课堂教学、实践教学和辅助教学等环节是高等理工科教学改革的重要内容,是培养高素质、创新型、实践型人才的客观要求,必将体现于更多课程的改革与建设。

本文对数字信号处理课程教学方法的探索与研究,受到教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会和北京航空航天大学教学改革的项目资助,特此表示感谢。

## References

- [1] 杨智明,彭喜元,俞洋. 数字信号处理课程实践型教学方法研究. 实验室研究与探索[J]. 2014,33(9): 180-183
- [2] 宁更新,李建中,方学阳,朱一成. DSP 实验多元化教学方法的探索. 实验室研究与探索[J],2011,30(7): 121-122
- [3] 王秋生,袁海文. 《数字信号处理》课程的分层实验教学方法. 北京航空航天大学学报(社会科学版)[J],2011,24(5): 109-112
- [4] 殷海双,王永安. “数字信号处理”课程教学改革与探索[J]. 中国电力教育[J],2011,(7): 75-76
- [5] 翟懿奎,马慧,曾军英,数字信号处理课程教学改革研究,计算机教育[J],2017,1: 70-72
- [6] 王典,刘财,刘洋,鹿琪,冯晷. 数字信号处理课程分类和分层教学模式探索[J]. 实验技术与管理,2013,30(2): 31-35
- [7] 王艳芬,王刚,张晓光,刘卫东,李剑. “数字信号处理”精品课程建设探索[J]. 电气电子教学学报. 2011,33(2): 22-24
- [8] 万永菁,张淑艳,王海军. 基于微课的数字信号处理课程教学改革与探索. 化工高等教育[J]. 2017,(1): 4
- [9] 杨秋菊,马骁. 数字信号处理课程教学探索. 大学教育[J]. 2006,(6): 163-165